

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Gestión y conservación de las cuencas de los ríos Guayllabamba y

**Blanco: aplicación de un índice multimétrico basado en la
información existente sobre Macroinvertebrados Acuáticos**

**Tesis previa a la obtención del título de Magister en Biología de la
Conservación**

LUIS VLADIMIR CARVAJAL LÓPEZ

Quito, 2016

A mi madre, pilar fundamental de mi vida.

A mi familia, fuente permanente de energía y entusiasmo.

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que en los momentos duros siempre tuvieron palabras de aliento.

A Luis Albuja y Ana Almendariz por su apoyo en el proceso.

A mi madre y hermano por estar siempre.

A Verónica Crespo por las correcciones, sugerencias y tiempo.

GRACIAS

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	ii
TABLA DE CONTENIDOS	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	iii
LISTA DE ANEXOS	x
1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	5
4. JUSTIFICACIÓN.....	13
5. OBJETIVOS	15
5.2. Objetivo general.....	15
5.2. Objetivos específicos.....	15
6. METODOLOGÍA.....	17
6.1. Área de Estudio.....	18
6.1.1. Subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco.....	17
6.2. Selección de Estaciones y Recopilación de Información.....	18

6.3. Depuración de datos	19
6.4. Análisis de datos.....	19
6.4.1. Análisis de vacíos de información, complementación de información y selección de métricas.....	19
6.4.2. Establecimiento de las condiciones de referencia	20
6.4.3. Selección de Métricas para la construcción del IIB	21
6.4.4. Análisis de Componentes Principales (PCA).....	21
6.4.5. Construcción del Índice de Integridad Biótica.....	22
7. RESULTADOS.....	24
7.1. Diagnóstico sobre el estado de la información de Macroinvertebrados Acuáticos	24
7.1.1. Análisis de Vacíos de Información	24
7.2. Desarrollo del Índice de Integridad Biótica.....	25
7.2.1. Análisis de Datos y Proceso de Selección de las Métricas	25
7.2.2. Respuesta de las Métricas a la perturbación	26
7.2.3. Cálculo del Índice de Integridad Biótica.....	27
7.2.4. Condición biológica de las cuencas del Guallabamba y Blanco a través del IIB	28
7.2.5. Análisis de regresión lineal para la validación del Índice de Integridad Biótica (IIB)	29
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	31

8.1. La información macrobentónica y su capacidad actual de bioindicación.....	31
8.2. El IIB en las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco y su condición biológica.....	34
8.3. La integridad biológica y la proposición de medidas simples y útiles para la gestión, conservación y restauración de la red hídrica del DMQ.	36
8.4. Aplicación de IIB en otros drenajes de las cordilleras oriental y occidental.....	40
9. RECOMENDACIONES.....	41
10. LITERATURA CITADA.....	43
11. FIGURAS.....	55
12. TABLAS.....	64
13. FOTOGRAFÍAS.....	70
14. ANEXOS.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de las Subcuencas y microcuencas del área de estudio.....	56
Figura 2: Mapa de distribución de los puntos de información dentro del área de estudio.....	57
Figura 3: Relación de las métricas analizadas y la cantidad de sitios con información biológica.....	58
Figura 4: Análisis clúster de las métricas propuestas para el desarrollo del IIB	59
Figura 5: Gráfico bidimensional para el análisis de componentes principales 1 y 2	60
Figura 6: Distribución Box Plot en cuartiles de una métrica para un sitio de referencia y un sitio impactado. Los números 5, 3 y 1 son los valores que ponderan el grado de perturbación.....	60
Figura 7: Análisis de regresión lineal entre el IIB y la Riqueza de Familias	61
Figura 8: Resumen de las condiciones biológicas de la subcuenca del río Guayllabamba a través del IIB	62
Figura 9: Resumen de las condiciones biológicas de la subcuenca del río Blanco a través del IIB	62

Figura 10: Valor del Índice de Integridad Biótica con información de Macroinvertebrados Acuáticos para las estaciones ubicadas en las subcuencas y microcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco 63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco	65
Tabla 2: <i>Eigen values</i> , porcentaje de varianza y porcentaje de varianza acumulado para el Análisis de Componentes Principales	66
Tabla 3: Variables de respuesta al ambiente de las métricas analizadas	67
Tabla 4: Asignación de valores en función de los rangos de sensibilidad para el cálculo del IIB	68
Tabla 5: Categorías de la condición biológica según los valores del IIB	68
Tabla 6: Resumen de la condición biológica de las estaciones de estudio en las subcuencas y microcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, en base a los valores del IIB	69
Tabla 7: Acciones recomendadas en relación a los valores del IIB obtenidos	69

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTO 1: Río Pita, (Sector Cóndor Machay).....	70
FOTO 2: Quebrada Sambache (Sector Pasochoa).....	70
FOTO 3: Río Guayllabamba antes de su confluencia con el Pisque.....	70
FOTO 4: Río Alambi.....	71
FOTO 5: Río Mindo.....	71
FOTO 6: Río Guayllabamba antes de su confluencia con la quebrada San Pedro...	71
FOTO 7: Río Guayllabamba después de la descarga del río El Chontal.....	72
FOTO 8: Río Manduriacu Chico.....	72
FOTO 9: Río Verde antes de su confluencia con el Guayllabamba.....	72
FOTO 10: Río Huaycayacu.....	73
FOTO 11: Río Manduriacu Grande antes de su confluencia con el Guayllabamba.	73
FOTO 12: Río Pachijal después de la confluencia con el río Magdalena.....	73
FOTO 13: Río Pachijal después de la confluencia con el río Magdalena.....	74
FOTO 14: Río Tatalá.....	74
FOTO 15: Río Silanche.....	74

ANEXOS

Anexo 1: Código de métricas analizadas.....	76
Anexo 2: Base de datos con las métricas recabadas.....	77
Anexo 3: Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Guayllabamba.....	84
Anexo 4: Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Blanco.....	88

1. RESUMEN

Esta investigación propone un Índice de Integridad Biótica (IIB) basado en macroinvertebrados acuáticos, que permite evaluar la calidad biológica de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco. Para su elaboración se analizaron 180 sitios (170 sitios para la subcuenca del río Guayllabamba y 10 sitios para la subcuenca del río Blanco) y 22 variables biológicas usadas como métricas. Con modelos estadísticos simples, describí la respuesta de las métricas a condiciones alteradas generadas por perturbación antropogénica en la microcuenca del río San Pedro, y a condiciones de referencia o sin mayor afectación en la microcuenca del río Alambi. Finalmente, seleccioné las métricas que mayor información aportaron a la variabilidad total y con ellas elaboré el IIB. El índice desarrollado detectó y diferenció la condición biológica de la subcuenca del río Blanco y de la subcuenca del río Guayllabamba, evidenciando una correlación lineal negativa muy significativa frente a la degradación de origen antrópico que experimentan los ecosistemas acuáticos. El análisis de regresión lineal entre los valores finales del IIB y los valores de las distintas métricas utilizadas, mostraron una relación lineal significativa, validando el procedimiento descrito, para la generación de un IIB estable y sensible a las condiciones hidrológicas que ocurren en las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco. Finalmente,

propongo ciertas directrices para que sean consideradas en los estudios biológicos, que permitirán generar información adecuada para calcular y valorar la salud de los ecosistemas acuáticos a través de un IIB.

Palabras clave: Índice multimétrico, integridad biótica, Río Blanco, Río Guayllabamba, variabilidad ambiental.

2. ABSTRACT

Here I present a multimetric index that assesses the biological quality of the Guayllabamba and Blanco river basins, considering information from 180 sites and 22 biological variables, used as metrics. With simple statistical models, I describe the response of metrics to altered conditions generated by anthropogenic disturbance (San Pedro watershed), and to reference conditions (Alambi watershed). Finally, I selected the metrics that contributed the most to the total variability and used them to build an Index of Biological Integrity (IBI). The index detected and differentiated reference sites (sub-basin of the White river), from disturbed sites (basin of the Guayllabamba river), revealing a significant negative linear correlation with anthropogenic degradation. The linear regression analysis between the final values of IIB and values of the different metrics used, show a significant linear relationship, validating the procedure for the generation of a stable and sensitive IBI to hydrological conditions occurring in the sub-basins of the Guayllabamba and White rivers. Finally, I propose some guidelines to be considered as environmental regulations when running biological studies of aquatic ecosystems. These guidelines allow calculating and evaluating biotic integrity and hence, ecosystem health.

Key Words: biotic integrity, Blanco river, Guayllabamba river, metrics, multimetric index.

3. INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y social depende, en gran medida, de sistemas productivos basados en la apropiación de los recursos y servicios que ofrecen los sistemas naturales. Los ecosistemas de agua dulce, como ríos, lagos y lagunas, almacenan y proveen este importante recurso para el consumo de personas y otros organismos, pero además, regulan el ciclo del agua y de nutrientes, modifican y controlan inundaciones y sequías, proporcionan refugio para la vida silvestre y contribuyen a la estabilización del clima. Las actividades de los seres humanos que hacen uso del agua, no pueden considerarse como sustentables cuando llevan una relación desproporcionada entre la calidad del recurso y la cantidad del recurso demandada u ofertada (Viñals, 2002).

Las acciones antrópicas afectan indiscutible y sustancialmente a un sinnúmero de ecosistemas acuáticos, transformando su dinámica natural a diferentes escalas y produciendo pérdidas o cambios en las comunidades acuáticas y su hábitat. De hecho, en la actualidad es prácticamente imposible disociar, en el estudio de los ecosistemas acuáticos continentales, la relación agua-desarrollo. Sin embargo, cuando prevalece una visión netamente extractivista del recurso agua para el desarrollo, se pierde cualquier rentabilidad a largo plazo, la cual depende de la subsistencia del recurso y

del mantenimiento de sus características ecológicas y procesos ecosistémicos naturales. Por otro lado, las posiciones conservacionistas, sin mayor sustento científico, tampoco contribuyen a los procesos de conservación del agua, principalmente cuando se consideran como sistemas aislados del ser humano, generando en algunos casos, animadversión hacia esfuerzos serios de preservación, además de limitar las oportunidades reales y viables de realizar un manejo sustentable.

A comienzos del siglo pasado ya se documentaban algunas relaciones entre las comunidades de invertebrados acuáticos y la degradación de los ecosistemas de agua dulce (Kolkwitz and Marsson, 1908; Hilsenhoff, 1977). Sin embargo, estas relaciones permitían detectar una única forma de degradación, ya sea por contaminación orgánica, acidificación, o actividad minera (Moya *et al.*, 2011). Así, durante los años 70, los métodos más comunes para evaluar la calidad de las aguas eran los análisis químicos (Segnini, 2003). Posteriormente apareció la teoría del Río Continuo (Vannote, 1980), la cual proporciona un fundamento para integrar características biológicas predecibles y observables de sistemas lóticos, dónde las comunidades bióticas forman un continuo temporal de remplazo sincronizado de gremios tróficos, en función de la distribución de la energía entrante en el sistema (Vannote, *et al.*, 1980). Esta complejidad de los ecosistemas acuáticos reveló la necesidad de una aproximación multimétrica (Karr, 1981), que refleje la calidad biológica del sistema en función del tipo de alteración antrópica (Pont *et al.*, 2009). En la actualidad, los ríos son estudiados dentro del concepto de “corredores riparios”. Esta concepción los describe como ecosistemas complejos que incluyen a las áreas aledañas al río y otros cuerpos de agua, junto con la flora y la fauna que allí habita (FISRWG, 1998).

Además, se concibe a la cuenca hidrográfica como la unidad geográfica e hidrológica de integración de diferentes procesos ecosistémicos (Naiman, 1992).

Las afectaciones generadas por las actividades humanas sobre cuencas hidrográficas, como cambios en la cubierta vegetal ribereña, erosión de las orillas, cambios en las comunidades faunísticas, cambios en los usos del suelo, construcción de presas o azudes, disminución en los caudales y canalización de los ríos (Carrasco, 2008), pueden llegar a ser más perjudiciales que los efectos de la contaminación orgánica o química. Este tipo de afectaciones han hecho que pierdan fuerza los métodos de evaluación usuales, basados en unas pocas propiedades hidrológicas o de procesos biológicos (Segnini, 2003). Las evaluaciones más importantes en América del sur, sobre estas afectaciones, se han concentrado en los grandes ríos amazónicos como el Orinoco y el Amazonas (Ríos, 2008), o sobre los drenajes que nacen y discurren en las vertientes del Pacífico (Encalada *et al.*, 2010).

En este contexto, la Constitución de la República del Ecuador, la Agenda Ambiental del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ, 2011–2016), la Secretaría de Ambiente, en su Plan Operativo Anual del 2011 y otras iniciativas estatales, promueven la implementación de programas de investigación, muestreo y conservación de ecosistemas acuáticos; así como también la regulación de toda actividad que pueda afectar la calidad, cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, estas múltiples iniciativas y reglamentos, se enfrentan a una limitada disponibilidad de información, y a la ausencia de estrategias regionales y nacionales para el manejo biológico de estos ambientes. Por ejemplo, entre las

principales acciones a corto plazo que la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) debía ejecutar entre el 2009 y el 2011 se planteaba: 1) Generar inventarios hídricos y de información espacio-temporal, 2) Implementar el plan nacional para la conservación, protección y manejo de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, 3) Establecer el sistema nacional de información de recursos hídricos, con aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), prevención de Riesgos y Mitigación de Impactos de los Eventos Extremos. Lamentablemente, estas acciones no se cumplieron a cabalidad, debido a la inexistencia de herramientas adecuadas que para valorar la calidad ambiental del agua, aplicables a lo largo de toda una cuenca o drenaje. Para prevenir situaciones similares es necesario generar, promover y poner en práctica mecanismos de caracterización y monitoreo de las cualidades bióticas de los humedales, contribuyendo además, a determinar el efecto de las actividades humanas, su interacción y efectos a lo largo del tiempo (Briones and Jaramillo, 2004).

Los ecosistemas fluviales de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco son de gran importancia en el área de influencia del Distrito Metropolitano de Quito. Las actividades humanas asociadas al desarrollo urbano y suburbano, han generado que estos ecosistemas se encuentren degradados a distintos niveles y tramos, además de hallarse sometidos actualmente a una gran presión debido a la demanda del recurso y al cambio climático (EMAAP_Q, 2010). De hecho, según estudios realizados por la Secretaría de Ambiente y la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), además de otras entidades, la contaminación del recurso hídrico en el Distrito Metropolitano de Quito es preponderante y preocupante. En este contexto, los actores locales han generado importante información sobre la

preservación y conservación del recurso hídrico, aunque su tratamiento es fraccionado e insuficiente debido principalmente, a su falta de continuidad en el tiempo y al hecho de no estar sustentada sobre indicadores biológicos que corroboren y fortalezcan la información (Orellana, 2015).

Actualmente, para complementar y fortalecer los análisis físico-químicos y bacteriológicos de los drenajes, se han desarrollado e implementado métodos para la determinación de la calidad del agua utilizando indicadores biológicos. Estos permiten solventar las limitaciones temporales de los análisis físico-químicos y bacteriológicos e integrar los efectos presentes y pasados de contaminantes y alteraciones sobre las cuencas. Estos métodos asumen que la presencia de indicadores es un reflejo del ambiente, donde la abundancia de un organismo indica que sus requerimientos físicos, químicos y nutricionales están siendo satisfechos (Carrasco, 2008). Entre las comunidades de organismos más ampliamente utilizadas en la determinación de la calidad biótica del agua, se encuentran los macroinvertebrados acuáticos, los cuales dependen para su subsistencia, de la estructura y características del drenaje, así como de otros factores ambientales (Carrasco, 2008).

Índices multimétricos

Los índices multimétricos se encuentran entre las metodologías más utilizadas en la actualidad y están compuestos por una combinación de diversas métricas, incluyendo métricas simples, así como índices bióticos (Moya *et al.*, 2007; Studholme *et al.*, 2014;

Damanik-Ambaritaa *et al.*, 2016). Usualmente incluyen de cinco a 12 métricas que deben ser construidas o adaptadas específicamente para cada ecorregión o incluso, subcuenca. En esta categoría se encuentran los índices de Integridad Biótica (IBI, por sus siglas en inglés). Otro ejemplo es el “Florida Stream Condition Index” (Barbour *et al.*, 1996) que es un programa de biomonitoreo, muy bien conocido en los EE.UU. que utiliza un índice multimétrico basado en insectos acuáticos . Un resumen más detallado sobre los índices multimétricos y ejemplos de su utilización en América del Sur, se puede consultar en Prat *et al.* (2009) y una metodología de cómo diseñarlos se encuentra en Segnini (2003).

En 1981, Karr propuso el uso de los Índices de Integridad Biótica (IIB), para entender la calidad de los sistemas acuáticos, bajo la suposición de que las propiedades de los ecosistemas acuáticos son el resultado de fuerzas evolutivas que están interactuando en la configuración de los ecosistemas. Este mismo autor definió en 1987 a la Integridad Biótica de un ecosistema como: “La capacidad de soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada, con una composición, diversidad y organización funcional comparable con el hábitat natural de la región” (Pérez *et al.*, 2007).

La medición de la Integridad biótica presenta algunas ventajas frente a otros métodos de valoración. Por ejemplo, los costos de materiales y equipos de monitoreo son reducidos y la toma de datos en campo no produce impactos sobre las comunidades bióticas. Por otro lado, los resultados obtenidos son abundantes y de mayor fiabilidad; además, el uso de un índice multimétrico permite capturar la multidimensionalidad de

los fenómenos naturales. Esto último también permite medir de manera fidedigna los impactos humanos sobre la biota. Por último, los reportes científicos generados pueden ser de fácil comprensión para el público general y el índice puede poseer un enfoque regional (Karr and Chu, 1998).

Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores

El conocimiento de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos de agua dulce en Ecuador es reciente y escaso, y está siendo abordado de forma intermitente en el tiempo, con énfasis en pocos sistemas hídricos y de manera no estandarizada. Su uso como indicadores biológicos se intensificó en los últimos 15 años, en función de la demanda de estudios de impacto ambiental planteados en la legislación ecuatoriana. Al igual que los peces de agua dulce, los macroinvertebrados acuáticos exhiben evidentes vacíos de información relacionados a su taxonomía, biología y sinergia ambiental. Además, la información que se tiene de este grupo de organismos es esporádica, ambigua y subjetiva. Apenas existen listados regionales para ciertos grupos con ausencia de información sobre endemismo. Solo recientemente se han ejecutado estudios que pretenden determinar y valorar la integridad de ríos andinos basados en macroinvertebrados acuáticos. Por ejemplo, Villamarín (2008) utilizó índices multimétricos para valorar ambientalmente ríos andinos de Perú y Ecuador; Carrasco (2008), implementó un índice de integridad para los ríos Tomebamba y Yanuncay; Acosta *et al.* (2009) aplicaron un protocolo de evaluación ecológica para ríos andinos (CERA) en dos cuencas en Ecuador y Perú; Ríos (2005) y Alomía and Chimbo (2014), propusieron metodologías para evaluar el caudal ambiental en proyectos hidroeléctricos de alta montaña; Ríos *et al.* (2014), revisaron los valores de

tolerancia a la polución de macroinvertebrados usando el Andean Biotic Index (ABI); y, Damanik-Ambarita *et al.* (2016), valoraron ecológicamente de la cuenca del río Guayas usando indicadores basados en macroinvertebrados.

4. JUSTIFICACIÓN

En este estudio se plantea por primera un diagnóstico de la información proveniente de estudios de Macroinvertebrados Acuáticos en las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco y se desarrolla un Índice de Integridad Biótica, útil para la valoración ambiental de sistemas o tramos hídricos grandes. Así, el presente estudio proporcionará información indispensable y de fácil aplicabilidad y comprensión para la gestión y conservación de estas cuencas y de la red hídrica del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), contribuyendo así a procesos como: 1) la implementación del Plan Metropolitano de Desarrollo de la Agenda Ambiental del DMQ, 2) la toma de decisiones ambientalmente responsables, para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento o control del recurso agua y 3) la implementación de estudios ecológicos relacionados al entendimiento y conservación del sistema hídrico. Gran parte de esta información ha sido generada y procesada por el autor; además, los vacíos de información detectados en otras fuentes de información que integran este estudio, como falta de métricas y ausencia de análisis aplicados, serán detectados y complementados con nuevos cálculos y aproximaciones.

El desarrollo de índices de integridad biótica, poco a poco va ganando terreno en los procesos de conservación de los sistemas hídricos. Su aplicación contribuye al monitoreo de los sistemas hídricos más allá de la generación de datos científicos, permitiendo reconocer el estatus legal y el uso de conceptos ecológicos en el manejo y protección del ambiente (Karr, 1995). Así, los valores generados con el IIB constituirán una base sólida para identificar ecosistemas vulnerables, planteando criterios más objetivos en la toma de decisiones y manejo de recursos hídricos, permitiendo enfocar de mejor manera los esfuerzos de conservación en el tiempo y en el espacio

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general.

El objetivo de esta investigación es contribuir a la gestión y conservación de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco mediante el desarrollo de un índice de integridad biótica generado a partir del diagnóstico de la información existente sobre Macroinvertebrados Acuáticos.

5.2. Objetivos específicos

- Recabar información sobre indicadores Macrobentónicos de calidad de agua en las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, diagnosticar el estado de la información y generar un mapa de vacíos de información.
- Elaborar un índice de integridad biótica, evaluar el estado de conservación de las cuencas en base a los indicadores obtenidos y mapear los resultados con sistemas de información geográfica (SIG) determinando tramos críticos y prioridades de conservación.

- Proponer medidas simples y útiles para la gestión, conservación y restauración de la red hídrica del DMQ, en base a la información biótica generada.

6. METODOLOGÍA

6.1. Área de Estudio.

6.1.1. Subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco

El área de influencia que comprende este estudio está compuesto por los ecosistemas fluviales de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, en el área de influencia del Distrito Metropolitano de Quito. Incluye las microcuencas de los ríos: Pita, San Pedro, Monjas, Machángara, Chiche, Pisque, Coyago, Uravía, Alambí, Intag y Blanco (Figura 1, Fotos 1 a 15). Estas subcuencas pertenecen a la vertiente del Pacífico y poseen áreas de drenaje de 8 239 km² (subcuenca del río Guayllabamba) y 3 553 km² (subcuenca del río Blanco). Las pendientes medias de las microcuencas varían entre 26.7 y 57.9%. La precipitación media mensual oscila entre 37.9 y 204.8 mm (Orellana 2015). Todos estos cuerpos de agua se ven afectados por la intervención directa e indirecta de los seres humanos, tanto por la descarga de aguas negras y grises de los centros urbanos como por las actividades agrícolas y ganaderas. Sus características principales se muestran en la Tabla 1.

6.2. Selección de Estaciones y Recopilación de Información

La información de indicadores macrobentónicos ha sido recabada de varias fuentes, como: tesis de investigación, estudios de impacto ambiental, estudios o muestreos bióticos de calidad de agua realizados en el área de influencia del DMQ y evaluaciones de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco. Por su amplitud destacan los siguientes trabajos: Estudio de Diseño de la Red Metropolitana de Monitoreo del Recurso Hídrico del DMQ (2014), Monitoreo del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) (2006), Estudio de Impacto Ambiental para la Hidroeléctrica Chirapi (2010), Estudio de Impacto Ambiental Hidroeléctrica Manduriacu (2010), Diagnóstico bioecológico y socioambiental de las áreas naturales del Distrito Metropolitano (2010) y algunos estudios puntuales en el cantón Rumiñahui (2014). Gran parte de la información ha sido generada por el autor y forma parte de las bases de datos del Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional (Figura 2).

Con la información recabada desarrollé una base de datos en Excel que incorporó campos informativos y de georeferenciación para cada punto, semejantes a los aplicados en otros estudios (Moya and Oberdorff, 2006; Villamarín, 2008; Córdova *et al.*, 2009; Moya *et al.*, 2011; Krogman, 2011, Carvacho, 2012) y campos con los valores de las distintas métricas compiladas y calculadas (Anexo 2). Además, generé mapas de distribución y caracterización de la información utilizando el programa ArcGis 10.1 (Figuras 1, 2, 19 y 20). Para la clasificación de los sistemas hídricos utilicé la Codificación de las Unidades Hidrográficas desarrollada por la UICN y basada en la metodología Pfafstetter (UICN, SENAGUA y Secretaría General de la Comunidad Andina, 2009), la cual, de acuerdo a la resolución 245 de la SENAGUA, es de

aplicación obligatoria en todos los procesos oficiales de ordenamiento de unidades hidrográficas (SENAGUA, 2011).

6.3. Depuración de datos

La información recabada fue sometida a un proceso de clasificación, ordenación y depuración. Para este fin se construyó una base de datos general en la que se registraron los datos informativos de los sitios de estudio y los valores de los índices más frecuentes usados en el diagnóstico ambiental con macroinvertebrados. Posteriormente, se clasificó la información para discriminar aquellos índices que eran infrecuentes o que no podían ser recalculados en base a su tabla original de datos.

6.4. Análisis de datos

6.4.1. Análisis de vacíos de información, complementación de información y selección de métricas

En el desarrollo de índices multimétricos es necesario evaluar la información existente para poder generar y validar los índices. El análisis de vacíos de información se fundamentó en la evaluación de la matriz general de datos, con la cual realicé un análisis clúster de los valores de las métricas que la integraron y las agrupé mediante la técnica de ligamiento promedio no ponderado por correlaciones (McCuney and Mefford, 1999). Las métricas son todas aquellas variables relacionadas con los organismos acuáticos que varían en función del grado de intervención en el ecosistema acuático. Los grupos con mayor similitud son usualmente aquellos que mayor información aportaron en la mayoría de estaciones. Los grupos con menor similitud,

son aquellos que no contribuyeron con información consistente para la mayoría de estaciones.

Para complementar la información trabajé con la segunda matriz de datos depurada, pero que presentó algunas inconsistencias o errores en los valores de ciertos índices comunes a toda el área de estudio. Estos valores se recalcularon utilizando el programa PAST 1.82b y PAST 3.01., generando una matriz más sólida. En el caso del índice BMWP-Col, se recalcularon los valores para todas las estaciones utilizando las categorías de Zamora (2007).

6.4.2. Establecimiento de las condiciones de referencia.

En la determinación de las condiciones de referencia, se consideraron los valores del índice BMWP para establecer sitios sin perturbación y con perturbación extrema. La integración de las características bióticas de estos sitios poco perturbados conformó una condición de referencia, y los valores de sus métricas fueron el referente con el cual se confrontaron y compararon los valores de los mismos atributos, pero con un sitio problema del cual se propuso averiguar su estado (Weigel *et al.*, 2002; Segnini, 2003; Okoth, 2009). En algunos casos, debido a la imposibilidad de encontrar sitios prístinos, utilicé el criterio del menor impacto para la selección de los sitios de referencia.

6.4.3. Selección de Métricas para la construcción del IIB.

Para el desarrollo del índice multimétrico se siguió el protocolo de Segnini (2003). La selección de los atributos o métricas candidatas que caracterizaron a la integridad biológica se sustentaron en tres criterios: 1) que la métrica constituya una característica relevante de la condición biológica del río; 2) que la métrica mantenga una respuesta consistente con los diferentes grados de acción en los que pueden intervenir los factores de perturbación ambiental; y 3) que la métrica genere respuestas que discriminen la variación natural de la antrópica (Segnini, 2003).

A partir de la base de datos, escogí las métricas ambientales que generaron respuestas basadas en cuatro atributos planteados para el desarrollo del IIB (Riqueza y composición taxonómica, abundancia, condición individual y tolerancia). También consideré la disponibilidad consistente de información sobre estas métricas en los distintos estudios revisados. Con las métricas seleccionadas se elaboró una tabla para verificar el tipo de respuesta de las métricas a las perturbaciones antropogénicas (Genet and Chirhart, 2004; Mulanda, 2008; Okoth, 2009; PDE 2012). Con la matriz depurada analicé la información existente y realicé una primera selección de métricas considerando aquellas que aportaron mayor información biótica.

6.4.4. Análisis de Componentes Principales (PCA).

Apliqué el Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en Inglés), para reducir la dimensionalidad o discriminar la información redundante de los datos, permitiendo extraer las principales métricas que conformarán el IIB (Primpas *et al.*, 2010; Quataert, 2011). Para ello utilicé el software libre PAST (Paleontological Statistics Software, versiones 2.17c y 3.11). Como resultado del PCA se trabajó con

un set más pequeño de métricas, que fueron más fáciles de analizar (Jordan and Vaas, 2000).

6.4.5. Construcción del Índice de Integridad Biótica (IIB).

El Índice de Integridad Biótica (IIB) se generó a partir de la integración o sumatoria de los valores ponderados de las métricas aplicadas en cada uno de los sitios (Convenio de Cooperación ANAM – ACP, 2006). Las diferentes métricas se expresan en unidades diferentes por lo que fue necesario normalizar la información para poder construir el índice y observar y validar la tendencia de las métricas respecto al gradiente de influencia humana (Pérez *et al.*, 2007) (Figura 6). La normalización implica asumir que todas las métricas ambientales tienen la misma importancia. Cada métrica seleccionada fue dividida en tres secciones, a las cuales se les asignó valores con información acerca de su capacidad de indicación. Dependiendo del número de métricas seleccionadas y de los valores de normalización asignados, la magnitud del índice integrado presentó variaciones dentro de un intervalo definido (Segnini, 2003). Luego probé la capacidad de discriminación del IIB, comparando la distribución de los valores obtenidos en el sitio con una condición de referencia y la distribución de los valores en un sitio impactado. Para esto elaboré un gráfico de caja o *Box Plot* en el que a cada sección se le asignó valores de uno, tres y cinco; donde cinco corresponde a la sección superior del gráfico con la mejor condición esperada, por encima del percentil 25%, tres para una condición intermedia entre los percentiles 25% y 12,5% y uno para la sección con los sitios de peor condición, bajo el percentil 12,5% (Figura 6).

La validación del IIB propuesto se desarrolló usando una base de datos independiente, (Carvacho, 2012) que correspondió a las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca del río Angamarca en la provincia de Cotopaxi, a partir de los datos del Estudio de Impacto Ambiental Definitivo del Proyecto Hidroeléctrico Angamarca-Sinde 30 Mw. Posteriormente, con el índice ya validado, se obtuvieron los valores del IIB para toda el área de estudio, relacionados con una determinada clase de calidad de agua en base a una puntuación determinada. Luego se asignaron colores para identificar la clase de integridad a nivel puntual o a nivel de tramos, generando, a partir de este momento, una indicación de la condición biótica de las subcuencas. Con el conjunto de datos generé una tabla y un mapa (Anexos 3 y 4) que resumen la información de la calidad biótica de los cuerpos de agua en base al IIB para las dos subcuencas analizadas. Procesando la información obtenida y con ayuda de herramientas del programa ArcGis, elaboré un mapa de calidad biótica por tramos hídricos, utilizando los colores establecidos para los rangos de calidad de agua del IIB, para posteriormente, generar otro mapa con las mismas características pero diferenciando las microcuencas. Finalmente, en base al análisis de los resultados generados por el IIB, propongo acciones y criterios orientados a la gestión y conservación de las cuencas, fundamentado en la legislación ambiental vigente y con el objeto de normalizar los futuros trabajos de evaluación biótica de las cuencas en la región, incorporando la aplicación del IIB desarrollado.

7. RESULTADOS

7.1. Diagnóstico sobre el estado de la información de Macroinvertebrados Acuáticos

Las 15 principales fuentes revisadas con información biótica en las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, generaron 402 puntos de estudio, con información para 22 métricas relacionadas con macroinvertebrados acuáticos, las cuales fueron depuradas, eliminando aquellas que presentaron inconsistencias y errores, hasta obtener 180 puntos y 8 métricas validadas para la construcción del IIB.

7.1.1. Análisis de Vacíos de Información

Se determinó que 22 métricas son las más frecuentemente citadas en los trabajos relacionados a estudios de invertebrados acuáticos en los sistemas hídricos de las subcuencas Guayllabamba y Blanco. Sin embargo, la métrica ABI (Andean Biotic Index) no generó información consistente para las subcuencas del Guayllabamba y Blanco. Las 21 métricas restantes sí generaron información relacionada con el estado de perturbación ambiental. De este conjunto, 18 métricas presentaron información importante, pero no para todos los sitios. La métrica que más información aportó fue

Biological Monitoring Work Party (BMWP) con registros en 376 sitios, seguido por el indicador ASPT (Average Score Per Taxon) con datos en 279 sitios. Sin embargo, ASPT no se registró en muchas de las localidades que sí contaban con información del índice BMWP y de otros indicadores, por lo que se descartó para el análisis final. La información con la que aportaron todas las métricas puede verificarse en la Figura 3. Luego de la depuración de la matriz original, quedaron 180 sitios con abundante información (170 para la subcuenca del río Guayllabamba y 10 para la subcuenca del río Blanco) y ocho métricas seleccionadas para la elaboración de IIB.

7.2. Desarrollo del Índice de Integridad Biótica

7.2.1. Análisis de Datos y Proceso de Selección de las Métricas

El análisis de eslabonamiento delimitó cinco grupos de indicadores (Figura 4). De estos, se seleccionó al grupo constituido por las métricas: Riqueza de Familias, Riqueza de Morfoespecies y Riqueza de taxones EPT, que presentaron mayores similitudes en su capacidad de indicación de la calidad ambiental. Estas métricas registraron un nivel de correlación mayor al 75%. También se seleccionaron a los indicadores: Shannon Weaver (H), Margalef y Dominancia de Simpson (D), que incorporan información de diversidad y BMWP y Abundancia de Chironomidae, que incorporan información sobre la sensibilidad o tolerancia de los taxones a la contaminación.

Los tres primeros componentes del PCA explicaron el 91% de la varianza. De ellos, los componentes uno y dos explican un 61,30 % de la varianza total (Figura 5), con 11

métricas asociadas para el componente uno y ocho métricas asociadas al componente dos. Los componentes uno y tres explican el 54,65 % de la varianza, con cuatro métricas asociadas al componente tres. Finalmente los componentes dos y tres explican el 24,38 % de la varianza total (Tabla 2).

7.2.2. Respuesta de las Métricas a la perturbación

De las 22 métricas originalmente analizadas, 20 presentaron disminución de sus valores de indicación frente a la alteración ambiental (distribuidas en los Componentes uno y dos del PCA); es decir, decrecieron cuando se incrementó la perturbación antrópica (Tabla 3). Las dos métricas restantes, en cambio (Abundancia de Chironomidae y el Índice de Valor Trófico), registraron un aumento frente a las perturbaciones ambientales. Estas son además, las que tuvieron mayor significancia en el Componente tres del PCA.

Las métricas que al final aportaron información relevante para construir el IIB y caracterizar biológicamente el estado de las microcuencas usadas como referencia fueron: Riqueza de familias, Riqueza de morfoespecies, Riqueza de taxones EPT, Shanon Weaver (H'), Abundancia de Chironomidae, BMWP, Margalef, y Dominancia de Simpson (D).

Posteriormente, de las 180 estaciones con información biológica se seleccionaron 100 para establecer las condiciones ambientales de referencia. De estas, 62 estaciones se ubicaron en la microcuenca del río Alambi, (planteada como condición de referencia para ambientes no afectados), debido a que discurren por un área montañosa con poca

o ninguna perturbación de origen antrópico. Esta microcuenca reportó 60 estaciones con condición Muy Buena, una con condición Buena, y una con condición Pobre. Para la microcuenca del río Guayllabamba Alto (considerada como condición impactada), se seleccionaron 38 estaciones, debido a que atraviesan localidades con alta perturbación de origen humano. Esta microcuenca registró 10 estaciones con condición Muy Buena, siete Buena, 20 Pobre y una Muy Pobre.

7.2.3. Cálculo del Índice de Integridad Biótica

La métrica BMWP fue la más frecuente en todo el estudio con 180 estaciones que la aplicaron, por lo que fue seleccionada para la determinación de los rangos de sensibilidad del IIB. Al realizar la distribución *Box Plot* de cuartiles con la métrica BMWP y establecer los valores de los sitios de referencia, se obtuvo que el percentil 25 (para un valor de BMWP de 128) marcó el límite que separa la sección superior (con valor de cinco) y que delimita hacia arriba los valores de la métrica para sitios nada o poco perturbados (Tabla 4). La sección media de la distribución (con valor de tres), quedó comprendida entre el percentil 25 y el percentil 12.5 (para un valor BMWP de 75), que describe sitios medianamente perturbados. Por debajo del percentil 12.5 se extiende la sección inferior (con valor de uno), que describe sitios altamente perturbados (Figura 6). Estos mismos criterios fueron considerados para las demás métricas, las cuales también disminuyen con la alteración del ambiente. Para los atributos cuyo valor aumentó con la degradación del río, como sucedió con el índice de abundancia de Chironomidae, el valor límite de referencia fue el percentil 75. Valores por debajo de este percentil fueron asignados con el valor de cinco (Segnini, 2003), valores entre el percentil 75 y 82.5 fueron asignados con el valor de tres y

describieron sitios medianamente perturbados. Finalmente, sitios con valores superiores al percentil 82.5 fueron asignados con el valor de uno y correspondieron a sitios altamente perturbados.

7.2.4. Condición biológica de las cuencas del Guayllabamba y Blanco a través del IIB

Se establecieron cuatro categorías con sus respectivos colores, para caracterizar la condición biológica del ecosistema acuático según los valores del IIB obtenidos (Tabla 5) (Segnini, 2003). Así, luego de calcular los valores del IIB para cada una de las estaciones en las subcuencas de los ríos Guayllabamba (Anexo 3) y Blanco (Anexo 4), podemos resumir que:

Para la subcuenca del río Guayllabamba, el 65% de los sitios (n=110) mantuvieron una condición Muy Buena (color azul), es decir con riquezas altas de familias y especies, con niveles altos del indicador EPT, con alta diversidad para los distintos índices utilizados, y abundantes familias con calificaciones altas para el índice BMWP. El 14% de los sitios (n=24) registraron una condición Buena (color verde), 21% de los sitios (n=35) alcanzaron una valoración Pobre (color amarillo) y un 0.6 % de los sitios (n=1) presentó una calificación Muy Pobre (color rojo).

A nivel de microcuencas, se determinó que la microcuenca del Guayllabamba alto, se encontró en la peor condición biológica, con el 3% de estaciones (n=1) con integridad muy pobre, 53% de las estaciones (n=20) con integridad pobre, 18% (n=7) integridad buena y el 26% de estaciones (n=10) con integridad biótica muy buena. La

microcuenca del Guayllabamba medio, presentó mejores condiciones, con 10% de sitios (n=6) con integridad biótica pobre, 19% (n=11) con integridad biótica buena y 70% de los sitios (n=40) con integridad biológica muy buena. La microcuenca del río Alambi, se encontró en mucho mejor estado, con apenas el 1.6% de sitios (n=1) con integridad biótica pobre y otro 1.6% (n=1) con integridad biótica buena; la integridad biótica muy buena alcanzó el 97% de sitios de estudio (n=60). Las microcuencas de los ríos Pisque y Pita, presentaron un comportamiento similar, con el 50% de estaciones (n=1) con integridad biótica pobre y 50% de estaciones (n=1) con integridad biótica buena. Finalmente, la microcuenca del río San Pedro, presentó el 67% de estaciones (n=6) con integridad biótica pobre y 33% de estaciones (n=3) con integridad biótica buena (Tabla 6).

La subcuenca del río Blanco se encontró en mejores condiciones, con un 50% de estaciones (n=5) con calidad muy buena, 40% (n=4) con calidad buena y 10% (n=1) con calidad pobre. No se registraron estaciones con calidad muy pobre. En esta subcuenca, la microcuenca Blanco alto es la que mejor condición biológica presentó, con 67% de estaciones (n= 4) con integridad buena y 33% (n= 2) con integridad muy buena. La microcuenca Blanco medio decreció un poco en su calidad con el 25% de estaciones (n=1) con integridad muy pobre y 75% de estaciones (n=3) con integridad biótica muy buena.

7.2.5. Análisis de regresión lineal para la validación del Índice de Integridad Biótica (IIB)

Según la validación, los valores de la mayoría de las métricas utilizadas, mostraron una relación lineal significativa con el IIB (Figura 7). Por ejemplo, la regresión lineal

entre los valores del IIB y la riqueza de familias fue significativa ($R^2=0.63$, $p<0.0181$), con una relación directamente proporcional, es decir a mayor riqueza de familias, mayor valor de IIB. El mismo fenómeno se evidenció en la recta de regresión con las métricas restantes, con valores de R^2 entre 0.50 y 0.74 y $p<0.0001$ (Figs. 9 a, b, c, e, f, h). Se exceptúan el caso de la relación entre IIB y la abundancia de Chironomidae, la cual fue inversa, más débil y no significativa ($R^2=0.2394$, $p<0.2185$) (Fig. 10) y el de la relación entre IIB con el índice de Diversidad de Simpson (1/D), que presentan una relación débil, no significativa ($R^2=0.1601$, $p<0.3265$). Se observó que el IIB desarrollado presentó un mayor coeficiente de regresión al confrontarlo con la métrica de Margalef ($R^2 = 0.8253$, $p<0.0018$). Estos resultados validaron el procedimiento descrito para la generación de un IIB estable y sensitivo a lo largo de las condiciones hidrológicas que ocurren en las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco.

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

8.1. La información macrobentónica y su capacidad actual de bioindicación.

Los ecosistemas de aguas continentales son posiblemente, los ambientes más vulnerables frente al desarrollo de las actividades antropogénicas (Sala *et al.*, 2000; Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Ante esta situación, uno de los retos mediambientales más grandes es mantener la estructura biológica natural y los atributos funcionales de los ecosistemas acuáticos, principalmente los ríos (Bernhardt *et al.*, 2006). Para esto, los esfuerzos de conservación deberían incorporar, además de datos sobre la biodiversidad, información sobre la integridad biológica de los cuerpos de agua.

Varias iniciativas han buscado generar indicadores que caractericen biológicamente la salud de los ecosistemas acuáticos. En el Ecuador, Acosta *et al.* (2009) propusieron el denominado protocolo de evaluación de la calidad de ríos altoandinos (CERA), el cual ha sido poco difundido. También se propuso el índice ABI (Andean Biotic Index) el

cual consiste en una adaptación del BMWP para los Andes. Sin embargo, son pocos los estudios que los han puesto en práctica o los han validado (Villamarín 2008; Ríos *et al.*, 2014). Otra experiencia relacionada es la de Villamarín (2008), quien desarrolló el índice IMEERA (Índice Multimétrico del Estado Ecológico de Ríos Altoandinos), basado en seis métricas, de las cuales solo una coincide con el presente estudio (número de taxa EPT). Además, este autor utilizó el índice ABI, en lugar del BMWP, el cual, como se mencionó anteriormente, es de aplicación limitada y mostró poca consistencia en el conjunto total de datos analizados en el presente estudio. Otra experiencia similar es la de Carrasco (2008), quien diseñó un IIB, con 10 métricas con respuesta ambiental significativa, de las cuales se comparten dos con el estudio actual (riqueza de morfoespecies y número de Taxa EPT). También se desarrolló un índice de Integridad Biótica para la Cuenca Alta del Paute (IIBIAP), utilizando cuatro métricas, de las cuales, riqueza de familias y número de Taxa EPT coinciden con las utilizadas en el presente estudio) (Unidad de Auditoría Interna ETAPA EP, 2012).

Durante el desarrollo del IIB, las métricas candidatas más frecuentes fueron aquellas relacionadas a la riqueza y composición taxonómica. Les siguieron los indicadores de abundancia y finalmente, se encontraron en menor grado los indicadores de tolerancia a la polución. Estos hallazgos coinciden con los de Villamarín (2008) y Ogren (2014). Las métricas Diversidad de Simpson, Índice de Valor Trófico, Índice Biótico de Especies e Índice Biótico de Familias fueron registradas en muy pocos sitios dentro del presente estudio por lo que también fueron descartadas. En la matriz de datos utilizada en el presente estudio no se registraron indicadores relacionados con procesos biológicos o con la estructura trófica. Esto se debe principalmente, a que esta

información no se ha generado, es escasa, inconsistente o presenta múltiples errores de clasificación. Esta situación evidencia la necesidad de generar este tipo de información, que aportaría al desarrollo y valoración de la integridad biótica, para estas y otras subcuencas con características similares.

Las categorías para la determinación de las condiciones biológicas a través del cálculo del IIB pueden variar en su rango de sensibilidad en función de la localidad, los organismos estudiados, las métricas incluidas y la información disponible. Así por ejemplo, la condición Muy Pobre establecida en el presente estudio va de 0 a 12 contrastando con los valores obtenidos en otros estudios como el de Blakely *et al.* (2014) que califica a la condición más degradada como Pobre con valores que van de 0 a 79; o el estudio de Lydy *et al.* (2000), quienes caracterizan a la condición Muy Pobre con valores entre 12 y 22. Henderson (2014) en cambio habla de la condición Más Disturbada y plantea un valor \leq a 0.83. Estas diferencias se deben principalmente a la selección del grupo de estudio, que pueden ser macroinvertebrados, aves o peces y a la sensibilidad que exhiben sus comunidades frente a condiciones particulares de cada cuenca, como topografía, cubierta vegetal o uso del suelo.

En general, los índices bióticos para evaluar la salud de una corriente se basan en la tolerancia, sensibilidad o respuesta de los macroinvertebrados a un gradiente ambiental de contaminación de origen orgánico o inorgánico (Rosenberg y Resh, 1993). La generación de índices multimétricos que integren estas respuestas de sensibilidad de los organismos en cada cuenca o drenaje, robustece y potencia sus resultados a la hora de tomar decisiones. En tal virtud, el IIB generado en este estudio debe conceptualizarse como una variable que ha sido dotada de un significado añadido

al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones (Aguirre – Royuela, 2002).

8.2. El IIB en las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco y su condición biológica.

La condición biológica es usualmente determinada en categorías, las mismas que pueden variar en función de las métricas utilizadas y el nivel de sensibilidad que se quiera dar al índice. Al igual que lo obtenido en el presente estudio, Segnini (2003) plantea cuatro categorías que describen la respuesta a la alteración ambiental que siguen los índices (Mulanda, 2008). La incorporación de nuevas métricas de alta sensibilidad fortalece la capacidad del índice multimétrico de medir la integridad biótica del ecosistema acuático.

La condición biológica de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, basada en el IIB, es contrastante. El deterioro de la subcuenca del río Guayllabamba se atribuye al significativo grado de intervención humana que experimenta al atravesar zonas urbanas (EMAAP-Q, 2007). Los puntos más críticos coinciden con los resultados hallados en estudios que involucran procesos de restauración hídrica y que describen a los tramos que pasan cerca o atraviesan zonas urbanas como los más afectados (Hilera and Diéz, 2004; Genet and Chirhart, 2004; Ordoñez, 2011; Pease *et al.*, 2013). Otros estudios han encontrado resultados similares en ríos que corren a través de zonas urbanas, como el río Guadalquivir en Bolivia (Cammaerts, 2008) y los ríos Tomebamba y Yanuncay en Cuenca, Ecuador (Carrasco, 2008) .

Las microcuenca Guayllabamba Alto se halla muy degradada (una estación con calidad muy pobre 20 con calidad pobre) pero conforme se desciende en altitud los procesos de autodepuración y resiliencia (EMAAP-Q, 2007) contribuyen para que las microcuencas Guayllabamba Medio (11 estaciones con calidad buena y 40 con calidad muy buena) (Figura 8) y Guayllabamba Bajo, experimenten una significativa recuperación, alcanzando valores más altos del IIB. En cambio, la subcuenca del río Blanco a través de sus tres microcuencas, registra condiciones saludables (Figura 9). Esto se explica por la reducida presencia de centros urbanos en sus márgenes y a que el uso del suelo mantiene condiciones aceptables para el mantenimiento de la integridad ecológica.

La reducida cantidad de estaciones con calidad Muy Pobre en toda el área de estudio se debe, posiblemente, a la sensibilidad del IIB que estaría permitiendo detectar procesos de recuperación ecosistémica y al conjunto de métricas seleccionadas para su construcción. Los resultados sugieren que el río Guayllabamba experimenta una significativa recuperación biológica aguas abajo del punto con mayor estrés. Esto explicaría la gran concentración de puntos amarillos (Condición biológica Pobre en la microcuenca Guayllabamba Alto y Medio), luego de atravesar la ciudad de Quito. Reyes and Silva (2012) y EPMAPS-Q (2007), afirman que el río Machángara (parte de la microcuenca del Guallabamba Alto) es receptor del 70% de las descargas de aguas residuales del sur y centro de la ciudad de Quito, por lo que presenta la contaminación más severa de la microcuenca, junto con el río Monjas. Esta condición se revierte lentamente conforme se desciende en altitud, a tal punto que a nivel del río Manduriacu ya existen comunidades de peces y macroinvertebrados sensibles.

La capacidad sensitiva del IIB desarrollado en este estudio permitió discriminar claramente entre condiciones biológicas Pobres o Muy Pobres. Esto significa que el IIB puede contribuir significativamente a la hora de evaluar el estado de los drenajes y delimitar los esfuerzos de recuperación y restauración de ecosistemas acuáticos (Figura 10). Sin embargo, es importante tomar en cuenta que los valores se calculan con el conjunto de métricas que aportaron suficiente información y esto variará en cada caso y lugar. Además, se descartaron en el proceso grupos de indicadores relacionados con la función trófica, que de haber sido incorporados, podrían haber alterado los rangos de calificación del índice multimétrico (Mulanda, 2008).

8.3. La integridad biológica y la proposición de medidas simples y útiles para la gestión, conservación y restauración de la red hídrica del DMQ.

La información que suministra el Índice de Integridad Biótica (IIB) generado en este estudio, proporciona una herramienta única que integra en un solo valor las condiciones biológicas descritas por distintos indicadores del ecosistema acuático. En función de los valores de Integridad Biótica obtenidos con este IIB, proponemos cuatro acciones encaminadas a promover el mantenimiento de las funciones ecológicas (Palmer *et al.*, 2014) y la capacidad de resiliencia y aportar al entendimiento y mejoramiento de los procesos de manejo y gestión del recurso hídrico (Tabla 7). Las acciones propuestas son:

1) Protección para cuerpos de agua de alta calidad que mantienen su integridad biológica y biodiversidad. Se debe evitar la degradación de dichos cuerpos de agua. Para esto se proponen acciones como: 1) educación e involucramiento de actores

sociales 2) aplicación de control en fuentes puntuales y no puntuales de contaminación, 2) el monitoreo en áreas de canalización y retención como represas y embalses, y 3) la regulación del caudal para mantener un equilibrio hídrico sobre los principales ecosistemas que integran la cuenca. Todas estas son operaciones e intervenciones encaminada exclusivamente a garantizar o recuperar las funciones de los sistemas de rivera, sin introducción de alteraciones significativas (Afonso y Coelho, 2012).

2) Restauración para retornar los ecosistemas acuáticos a su estado original (Bradshaw, 1996; Roni, 2005). Esto se aplica a cuerpos de agua con degradación y afectación moderada de su integridad biótica y biodiversidad. Para esto se plantea recuperar los atributos originales de la cuenca en términos de estructura y función ecológica (Woolsey *et al.*, 2005). Esto incluye socialización e involucramiento de la sociedad para contribuir en la recuperación de la sinuosidad natural del cauce, la revegetación de la ribera, la mejora del hábitat piscícola. En ciertos casos se debería incluso, reintroducir biota, pero considerando las funciones ecológicas del río y no solamente su estructura (González, 2003; Ferreira, 2012). El éxito de la restauración depende de manejar el factor clave apropiado (Cottingham *et al.*, 2005), debido a que los hábitats para plantas y animales existen dentro de una disposición jerárquica de escalas espaciales en el paisaje, conectadas por la hidrología del río (Cottingham *et al.*, 2005; Teiga *et al.*, 2012). Desconocer estos ensamblajes conllevaría a cometer errores en los procesos de restauración emprendidos. Si uno de los objetivos es restaurar la biodiversidad, es imprescindible que confrontemos los cambios en el cuerpo de agua, en relación a un momento anterior de prerestauración o a un sitio de referencia, usando para ello un índice regional de la integridad biótica (IIB) (Palmer

et al., 2014). Por lo tanto, la caracterización realizada con la aplicación del IIB propuesto para las subcuencas del Guayllabamba y Blanco, contribuye a una determinación más precisa de estos ensamblajes y a una aplicación más adecuada de los procesos de restauración que quieran emprenderse.

3) Rehabilitación de cuerpos de agua con degradación severa que han perdido casi totalmente su integridad biótica y biodiversidad. Algunas de las actividades orientadas hacia este fin son: 1) Socialización e involucramiento de actores sociales, 2) recolocación de elementos estructurales en el cauce que incrementen la oxigenación y la disponibilidad de refugios para los macroinvertebrados y 2) diversificación de los ambientes, incorporando rocas de distintos tamaños en tramos con pendientes fuertes o moderadas. Además, es necesario replantearse el potencial de rehabilitación que pueden tener ciertas cuenca o tramos para administrar de mejor manera los recursos. En este caso el IIB, al categorizar zonas con una determinada calidad de agua, se presenta como una herramienta valiosa para definir prioridades de intervención (Woolsey *et al.*, 2005).

4) Mitigación para cuerpos de agua con degradación total, que carecen de integridad biótica y biodiversidad, para atenuar las fuentes de degradación, aunque con efectos limitados sobre las funciones bióticas del sistema hídrico (Woolsey, 2005). Aquí se propone dialogar con los actores sociales involucrados para concienciar sobre el tema y establecer metas de reducción de descargas a los ecosistemas acuáticos, basadas en prácticas de gestión que vigilen el uso de la tierra y de programas de sensibilización social que minimicen la entrada de diversos contaminantes en las aguas naturales. Otras actividades orientadas a la mitigación pueden incluir campañas de reforestación,

captura biológica de metales en efluentes industriales y reciclaje de residuos sólidos. Sobre todo, en los tramos que atraviesan parque industriales se deben implementar estanques de enfriamiento que eviten la contaminación térmica. También debe estimularse el uso de sistemas verdes en infraestructuras y prácticas que utilicen o imiten los procesos naturales (Ferreira, 2012).

Para poder establecer los objetivos planteados en las subcuencas del río Blanco y Guayllabamba, es necesario implementar un sistema de monitoreo, delimitando los objetivos y acciones ambientales, según el tramo de la subcuenca (alta, media, baja) y el grado de deterioro. De tal manera, en el caso de la subcuenca del río Guayllabamba tan solo un sitio de los analizados debe ser sometido a mitigación, en 35 sitios deben implementarse acciones de rehabilitación, 24 sitios requieren procesos de restauración y 110 sitios deberían ser sometidos a acciones de protección. En el caso de la subcuenca del río Blanco, un sitio debe ser sometido a rehabilitación, en cuatro sitios debe implementarse acciones de restauración y cinco sitios deberían ser sometidos a acciones de protección.

8.4. Aplicación de IIB en otros drenajes de las cordilleras oriental y occidental.

El IIB no debe constituirse en una herramienta acabada. De hecho, su fortaleza radica en su plasticidad y adaptabilidad a distintos niveles de información que proporcionan las métricas en los sistemas acuáticos a ser evaluados. Esto conlleva a la posibilidad de desarrollar IIB con métricas propias y adaptados a las condiciones de las principales cuencas, subcuencas y microcuencas que posee el Ecuador, en función de la cantidad

de información disponible para su desarrollo. En el desarrollo del presente IIB se observó que existen métricas muy sensibles al grado de alteración ambiental pero que son raramente aplicadas y generan información insuficiente para el área de estudio como para ser aplicadas en el desarrollo del IIB propuesto.

9. RECOMENDACIONES

- Los índices multimétricos como el aquí planteado deberían implementarse a lo largo de una cuenca para obtener información integral de las partes alta, media y baja, y discutir su aplicabilidad en función de las afectaciones existentes enfrentadas, a lo largo del sistema hídrico.
- Los ríos que discurren por las vertientes del Pacífico presentan un fuerte aislamiento para los organismos acuáticos, derivando en un alto endemismo íctico (Barriga, 2011). También se ha evidenciado en esta vertiente, una mayor diversidad y distribución restringida de camarones de agua dulce del género *Macrobrachium* (Cornejo and Gonzáles, 2005). Aunque ciertos grupos de macroinvertebrados son en su etapa adulta voladores, muchos de ellos no logran rebasar fronteras geográficas grandes. Esto refuerza la necesidad de tratar independientemente cada una de estas cuencas, desarrollando índices propios para cada una.
- La capacidad de indicación de IIB debería ser confrontada con la de indicación de otros índices multimétricos, como el Índice de Integridad Ecológica, el cual incorpora la evaluación del ambiente físico (Covich *et al.*, 1995; Gibson *et al.*, 1996; FWI Ecological Integrity Workshop, 1999; Radwell, 2000). Además, se debería sopesar su aplicabilidad en función de costos, facilidad de obtención de los indicadores y sensibilidad. El IIB aplicado en el presente estudio podría

tomarse como línea base para la realización de índices locales que requieran medir la integridad de las cuencas.

- Se podrían confrontar los resultados del presente IIB, con los resultados que se pudiesen obtener con un IIB calculado en base a peces u otro grupo indicador asociado al agua y contrastar las valoraciones de los dos índices multimétricos en el mismo ecosistema acuático.

10. LITERATURA CITADA

- Abraham K. and Mazzacano C. 2011. Developing a framework for the Oregon Wetland Monitoring and Assessment Program: Developing an Invertebrate-Based Monitoring Tool to Assess the Biological Integrity of Pacific Northwest Freshwater Wetlands. *The Xerces Society for Invertebrate Conservation*. pp 51.
- Acosta R., Ríos B., Rieradevall M. and Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28 (1): 35-64.
- Aguirre-Royuela, M.A. 2002. Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente. I Congreso de Ingeniería Civil, *Territorio y Medio Ambiente*. Pp: 1231-1256.
- Alomía Herrera I.M. and Chimbo Patiño J. M. 2014. Aplicación de una metodología para evaluar el caudal ambiental en dos proyectos hidroeléctricos de alta montaña en Ecuador: Presas El Labrador y Chanlud de la microcuenca del río Machángara, provincias de Azuay y Cañar. Tesis de grado previa a la obtención del grado de Magister en Ingeniería Ambiental. Escuela Politécnica Nacional. Escuela de Posgrado en Ingeniería y Ciencias.
- Andrade P.A. 2004. Lineamientos para la Aplicación del Enfoque Ecosistémico a la Gestión Integral Del Recurso Hídrico. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental 8.
- Angermeier O.L. and Karr J.R. 1994. Biological Integrity versus Biological Diversity as Policy Directives Protecting biotic resources. *BioScience* Vol. 44 No. 10.
- Badii Z.M., Garza, C.R., Garza, A.V. and Landeros, F.J. 2005. Los indicadores biológicos en la evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica* 6:4-20.

- Ballentine R.K., and L.J. Guarraie, eds. The integrity of water: a symposium. U.S. *Environmental Protection Agency*, Washington, D.C.
- Barriga S.R. 2011. Lista de Peces de Agua Dulce e Intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*. Vol. 30, No. 3: 83-119.
- Black A., Ford M., Keough K. and Richards B. 2010. Development of a Benthic Index of Biotic Integrity for Freshwater Systems in San Juan, Puerto Rico. *The Conservation Trust of Puerto Rico*. WPI IQP Proposal | D-2010.
- Blakely T.J. Eikaas Hans S., and Harding J.S. 2014. The Singscore: a macroinvertebrate biotic index for assessing the health of Singapore's streams and canals. *Raffles Bulletin of Zoology* 62: 540–548.
- Bradford D.F., Franson S. E., Neale A. C., Heggem D. T., Miller G. R., and Canterbury G. E. 1998. Bird species assemblages as indicators of biological integrity in Great Basin rangeland. *Environmental Monitoring and Assessment* 49: 1-22.
- Bradshaw A.D. 1996. Underlying principles of restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 3–9.
- Brauman K.A., Daily G.C., Duarte K.T., and Mooney Harold A. 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32:6.1–6.32.
- Bryce S.A. R.M. Hughes. 2002. Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition. *Environmental Management* 30(2): 294-310.
- Cairns, J. Jr. 1975. Quantification of biological integrity. In: Kusler J.A., Quammen M.L. and Brooks G. (eds). *Mitigation of impacts and Losses. Proc. Nat. Wetland Symp.*, Berne: 276-282.
- Camaerts D., Camaerts R., Riboux A., Vargas M. and Laviolette F. 2008. Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb.* 22: 19-40.

- Canterbury, G.E., Martin, T.E., Petit, D.R., Petit, L.J. and Bradford, D.F. 2000, Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conserv. Biol.* 14, 544–558.
- Carvacho A. and Caroline A. 2012. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. Trabajo de investigación para obtener el título de Master Oficial en Agua. Análisis Interdisciplinario y Gestión Sostenible. Universitat de Barcelona.
- Carvajal L.V. and López V.P. 2015. En: Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Definitivo del Proyecto Hidroeléctrico Angamarca-Sinde 30 Mw. Incluye Línea de Transmisión. Informe Base. Charlieg Ingeniería y Remediación. CELEC-EP. Hidronación. Pp. 34.
- Carrasco E.M. 2008. Integridad biótica y su aplicación a una propuesta de gestión para los ríos Tomebamba y Yanuncay en Cuenca - Ecuador. Tesis Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Qro.
- Constitución de la República del Ecuador. 2008. Art. 211.
- Convenio de Cooperación ANAM – ACP. 2006. Monitoreo de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Componente de Calidad de Agua. Región Oriental de la Cuenca del Canal. Panamá: Convenio de Cooperación ANAM – ACP.
- Cottingham, P., Bond, N., Lake, P.S., Arthington, A. and Outhet, D. 2005. Recent lessons on river rehabilitation in eastern Australia. Technical Report. CRC for Freshwater Ecology, Canberra, ACT.
- Couceiro, S.R.M., Hamada N., Forsberg B.R., Pimentel T.P. and Luz S.L.B. 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*. 18: 118–125
- Covich, A.P., Clements W.H., Fausch K.D., Stednick J.D., Wilkins-Wells J. and Abt. S.R. Ecological Integrity and western management: a Colorado perspective. Reports. 1995. <http://cwri.colostate.edu/pubs/balance/balance.html>. Acceso: 02 de febrero de 2016.

- Damanik-Ambaritaa M.N., Locka K., Boetsa P., Everaerta G., Tien N.T.H., Eurie F.M.A., Sasha M.P.L., Suharevaa N., Bennetsena E., Landuyta D., Dominguez-Grandab L. and Goethalsa P.L.M. 2016. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologia* 57: 27–59.
- DMQ, M.S. 2010. Áreas Naturales del Distrito Metropolitano de Quito: Diagnóstico bioecológico y socioambiental. Quito: MECN. Secretaría de Ambiente. Fondo Ambiental.
- Dourojeanni, A. *et al.* 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie Recursos Naturales e infraestructura -ECLAC. Santiago de Chile 47:1-83.
- Encalada A.C., Calles J., Ferreira V., Canhoto C.M. and Graça M.A.S. 2010. Riparian land use and the relationship between the benthos and litter decomposition in tropical montane streams. *Blackwell Publishing Ltd, Freshwater Biology*, doi:10.1111/j.1365-2427.2010.02406.x
- EMAAP - Q. 2007. Informe del monitoreo Ambiental de los ríos Contaminados del DMQ, mayo 2006 - agosto 2007. Quito: EMAAP - Q.
- Ferreira M.T. 2012. Restauración, Rehabilitación y Gestión Fluvial. En: Restauración y Gestión Ecológica Fluvial. Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas. RICOVER. CTFC e ISA Press. Pp: 16-20
- Ecological Integrity Workshop. 1999. Evaluating ecological integrity at freshwater sites. 1-44. July 7-9. Las Brisas Ranch. Temecula.
- Geist, J. 2011. Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators* 11: 1507–1516.
- Genet J. and Chirhart J. 2004. Development of a Macroinvertebrate Index of Biological Integrity (MIBI) for Rivers and Streams of the Upper Mississippi River Basin. Minnesota Pollution Control Agency Biological Monitoring Program. Pp: 23+i.iii.

- Gibson G.R., Barbour M.T., Stribling J.B., Gerritsen J. y Karr J.R. 1996. Biological Criteria: Technical Guidance for Streams and Small Rivers. Revised Edition. U.S. E.P.A., Office Water, EPA 822-B-96-001. Washington, D.C.
- González del Tánago M. 2003. La restauración de los cauces y riberas fluviales. Méthode. Número 38. 112 páginas.
- Griffith, M.B., *et al.* 2004. Comparative application of indices of biotic integrity based on periphyton, macroinvertebrates, and fish to southern Rocky Mountain streams. *Ecological Indicators*. www.elsevier.com/locate/ecolind. Acceso: 15 de marzo de 2016.
- Helgen J.C. and M.C. Hernes. 2001. Monitoring the condition of wetlands: Indexes of biological integrity using invertebrates and vegetation. In: *Bioassessment and Management of North American Freshwater Wetlands* (Rader R. B., D. P. Batzer and S. A. Wissinger, eds.), John Wiley and Sons, Inc. Pg. 167-185.
- Henderson Robin M. 2014. Measuring the Biotic Integrity of Stream Ecosystems with Restoration. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Environmental Science. Washington State University School of Earth and Environmental Sciences. Pp.: 145.
- Hering, D., *et al.* 2006. Cook book for the development of a multimetric index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia*. 566: 311–342.
- Jordan S.J. and Vaas P.A. 2000. An index of ecosystem integrity for Northern Chesapeake Bay. *Environmental Science and Policy*. 3: 59-88.
- Karr, J.R. 2006. Seven Foundations of Biological Monitoring and Assessment. *Biologia Ambientale*. 20 (2): 7-18.
- Karr, J.R. and Chu E.W. 1997. Biological Monitoring and Assessment: Using Multimetric Indexes Effectively. *EPA 235-R97-001*.
- Karr, J.R. 1981. Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries* 6 (6): 21-27.

- Karr, J.R. and Dudley D.R. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*. 5:55-68.
- Klemm, D.J., Blocksom K.A., Fulk F.A., Herlihy A.T., Hughes R.M., Kaufmann P.R., Peck D.V., Stoddard J.L., Thoeny W.T., Griffith M.B. and Davis W.S. 2003. Development and evaluation of a macroinvertebrate biotic integrity index (MBII) for regionally assessing Mid-Atlantic Highlands streams. *Environmental Management* 31(5): 656-669.
- Krogman, R.M. 2011. A Review of Biotic Index Integrity in the U.S. United States. Army Corps of Engineers.
- Lake, P.S. and N.R. Bond. 2007. Australian futures: Freshwater ecosystems and human water usage. *Futures*. 39: 288–305.
- Lakew A. and Moog O. 2015. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for assessing the ecological status of streams and rivers in central and southeast highlands of Ethiopia. *Hydrobiologia* 751:229-242.
- Lanzos R. and Diéz Hernández J. M. 2004. Directrices de Restauración Ecológica en Cuencas Hidrográficas Andinas: “Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica La Floresta – La Novita”. Bogotá. Colombia.
- Lydy M.J., Strong A.J., and Simon T.P. 2000. Development of an Index of Biotic Integrity for the Little Arkansas River Basin, Kansas. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, 523–530.
- Marques A. and Coelho P. 2012. Mantenimiento de cursos de agua. En: Restauración y Gestión Ecológica Fluvial. Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas. CTFC e ISA Press. Pag.: 94-102.
- McCune, B. y Mefford M.J. 1999. Multivariate Analisis of Ecological Data. V. 4.10 MjM Software. Gleneden Beach. EE. UU.

- Mena Pachano A. 2014. La investigación y desarrollo de energías renovables en el Ecuador. Análisis crítico. Corporación para la Investigación Energética. Pp. 1-8.
- Merrit, R.W. y K.W. Cimini. 1996. Introduction to aquatic insect of North América. Tercera edición. Michigan University, EE. UU.
- Moya N. Domínguez E., Goitia E. and Oberdorff T. 2011. Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral*. 21:135-147.
- MPCA. 2014. Development of a macroinvertebrate-based Index of Biological Integrity for assessment of Minnesota's rivers and streams. Minnesota Pollution Control Agency, Environmental Analysis and Outcomes Division, St. Paul, MN.
- Mulanda C.A. 2008. Macroinvertebrate Index of Biotic Integrity for Assessing the Water Quality of Rivers Kipkaren and Sosiani, Nzoia River Basin, Kenya. A Thesis Submitted to the School of Natural Resource Management in Partial Fulfillment of the Requirements for the Award of the Degree of Master of Philosophy (M. Phil.) in Aquatic Sciences (Aquatic Resources Management Option) Moi University. Pp. : 85.
- Naiman R. 1992. Watershed management: balancing sustainability and environmental change. *Springer-Verlag*. New York.
- Ogren S.A. 2014. Using Indicators of Biotic Integrity for Assessment Of Stream Condition. A Dissertation Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Biological Sciences. Michigan Technological University. Pp.: 106.
- Okoth Raburu P., Okeyo-Owuor J.B. and Onderi Masese F. 2009. Macroinvertebrate-based Index of biotic integrity (M-IBI) for monitoring the Nyando River, Lake Victoria Basin, Kenya. *Scientific Research and Essay* 4 (12): 1468-1477.
- Oliveira *et al.* 2008. Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de de ecossistemas aquáticos. *Oecologia Bras.* 12: 487–505.
- Ordoñez Arízaga M.V. 2011. Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste del Ecuador. Tesis

de grado presentada como requisito para la obtención del título de Maestra en Ecología con Mención en Manejo de Recursos Naturales. Colegio de Postgrados. Universidad San Francisco de Quito.

Orellana León C.X. 2015. Escenarios Hidrológicos en la Cuenca del Río Guayllabamba: Modelación de Caudales Mínimos. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Escuela Politécnica Nacional.

Palmer Margaret A., Hondula Kelly L., and Koch Benjamin J. 2014. Ecological Restoration of Streams and Rivers: Shifting Strategies and Shifting Goals. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 45:247–69.

Pease M.K., Sikich S., Maggio M., Diringer S., Abramson M., and Gold M.. 2013. Impact of Development on Aquatic Benthic Macroinvertebrate Communities in the Santa Monica Mountains of Southern California. *Urban Coast* (4): 52-62.

Pennsylvania Department of Environmental (PDE). 2012. A Benthic Macroinvertebrate Index off Biotic Integrity for Wadeable Freestone Riffle-Run Streams in Pennsylvania. Pennsylvania Department of Environmental Protection. Division of Water Quality Standards. Pp: 154.

Peralta, L.A. 2007. Diseño de un Índice de Integridad Biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del Estado de Veracruz, México. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa: Instituto de Ecología, A. C.

Pérez M.R. Pineda L.R. and Medina N.M. 2007. Integridad Biótica de ambientes acuáticos. En: Sánchez O. *et al.* Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. pp: 71-111.

Perry, B. IBI and Diversity Index. 2002. [http://www.bio.ilstu.edu/Perryclass/stream/macroinverts/ibi and Diversity index 2002](http://www.bio.ilstu.edu/Perryclass/stream/macroinverts/ibi_and_Diversity_index_2002). Acceso: 12 de abril de 2016.

Phaphong A. and Sangpradub N. 2012. Development of a benthic macroinvertebrate biotic index to evaluate wetland health in Northeastern Thailand. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(47), pp. 6320-6328.

- Pont, D., Hughes R.M., Whittier T.R. and Schmutz S. 2009. A predictive index of biotic integrity model for aquatic-vertebrate Assemblages of Western U.S. Streams. *T. Am. Fish. Soc.* 138: 292-305.
- Prat, N., Ríos B., Acosta R. and Rieradevall M. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de las aguas. In E.F. Domínguez, *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. San Miguel de Tucumán-Argentina: Fundación miguel Lillo (pp. 638-640).
- Primpas I., Tsirtsis G., Karydis M., and Kokkoris G.D. 2010. Principal component analysis: Development of a multivariate index for assessing eutrophication according to the European water framework directive. *Ecological Indicators*. 10, 178-183.
- Quataert P. 2011. Methodological and statistical aspects of indices of biotic integrity to assess the ecological condition of surface waters. PhD theses of the Research Institute for Nature and Forest 2011 (INBO.T.2011.1). Research Institute for Nature and Forest, Brussels.
- Raburu P.O. Okeyo-Owuor J.B. and Onderi M.F. 2009. Macroinvertebrate-based Index of biotic integrity (M-IBI) for monitoring the Nyando River, Lake Victoria Basin, Kenya. *Scientific Research and Essay* 4 (12): 1468-1477.
- Radwell A. 2000. Ecological integrity assessment of Ozark Rivers to determine suitability for protective status. Arkansas Cooperative Fish and Wildlife Research Unit. *Coop. Unit. Publication* No. 36.
- Ríos Touma B., 2008. Comunidades de Macroinvertebrados en un río Alto Andino: Importancia del Microhábitat, Dinámica de la Deriva, Papel de la Materia Orgánica y Relevancia de la Ovoposición. Memoria presentada para optar al título de Doctor por la Universidad de Barcelona.
- Ríos Touma B., Acosta R. and Prat N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation*, Vol. 62 (Suppl. 2).
- Ríos T.B., Prat N., Terneus E. and Troya X. 2005. Estudio de las condiciones de referencia de las cuencas de los Ríos Pita, San Pedro y Machangara. Informe final de la fase II, estudio de las estaciones durante la época de lluvias análisis

comparativo de las dos épocas. Fundación AGUA y Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, con el apoyo de Museo ecuatoriano de Ciencias Naturales, ECOLAP de la Universidad San Francisco de Quito y el Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Roni P. 2005. Monitoring stream and watershed restoration. *American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland. 350 pp.

Rosenberg D.M. and Resh V.H. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, London, 488 pp.

Sala O.E., Chapin III F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Logia D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., Capilla L.N., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287(5459), 1770-1774.

Sabas C.A. and Cuervo D.P. 2009. Estudio de Oferta y Demanda Hídrica en la Cuenca del río Barbas. *Scientia et Technica* Año XV, No 42, Pp: 405-410.

SECRETARÍA DE AMBIENTE. 2011a. Agenda Ambiental 2011 - 2016. Quito: Secretaría de Ambiente.

SECRETARÍA DE AMBIENTE. 2011b. Términos de Referencia. Diseño de la Red Metropolitana de Monitoreo de Recurso Hídrico del DMQ. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Secretaría de Ambiente.

Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*. 16(2): 45-63.

SENAGUA. 2011. Resolución 2011-245. Quito: SENAGUA.

Shaner, B.L. 1999. Development of a Standardized Index of Biotic Integrity for the Piedmont Region of Georgia. *Proceedings of the Georgia Water Resources*. Pp: 287-290.

- Stoddard J.L., Herlihy A.T., Peck D.V., Hughes R.M., Whittier T. R. and Tarquinio Ellen. 2008. A process for creating multimetric indices for large-scale aquatic surveys. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 27, 878–891.
- Studholme A.M., Hipo L.L.F., Ríos R.A.C., and Celso R.M.G.. 2014. Altitudinal and temporal variability of four macroinvertebrate communities in Andean streams, Sangay National Park, Ecuador. *Entomotropica* Vol. 29(3): 149-158.
- Teiga P., Maia R. and Veloso-Gomes F.. Planificación de Actuaciones de Restauración. En: Restauración y Gestión Ecológica Fluvial. Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas. *RICOVER. CTFC e ISA Press*. Pp: 62-68.
- UICN, SENAGUA y SECRETARIA GENERAL DE LA COMUNIDAD ANDINA. 2009. Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador. Escala 1: 250 000. Nivel 5. Metodología PFAFSTETTER. Quito: SENAGUA.
- Unidad de Auditoría Interna ETAP EP. 2012. Examen especial al control ambiental de los ecosistemas acuáticos y monitoreo de la calidad de agua en el Parque Nacional Cajas, de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca. ETAPA EP, por el período comprendido entre el 1 de enero de 2008 y el 31 de diciembre de 2011.
- Uriarte M., Yackulic C.B. Lim Y. and Arce-Nazario J.A. 2011. Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis. *Landscape Ecol.* 26:1151–1164.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2009. EPA Bioindicators- An Introduction to the Index of Biotic Integrity. Washington, DC. <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>. Acceso: 15 de noviembre de 2016.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. and Cushing C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Volume 37: 130–137.
- Verdonschot R.C.M., Keizer-Vlek, H.E. and Verdonschot, P.F.M.. 2012. Development of a multimetric index based on macroinvertebrates for

drainage ditch networks in agricultural areas. *Ecological Indicators* 13: 232–242.

Villamarín Flores C.P. 2008. Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos alto andinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos. Tesis presentada para optar por el grado de Doctor por la Universidad de Barcelona. Barcelona. España. Pp. 207.

Viñals M.J. (coord.). 2002. El Patrimonio cultural de los humedales. Ministerio de Medio Ambiente, Valencia, España. Pp. 110.

Walters D.M., Roy A.H. and Leigh D.S. 2009. Environmental indicators of macroinvertebrate and fish assemblage integrity in urbanizing watersheds. *Ecological Indicators* 9: 1222–1233.

Weigel B.M., Henne L. J. and Martínez-Rivera L. M. 2002. Macroinvertebrate-based index of biotic integrity for protection of streams in west-central Mexico. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2002, 21(4):686–700.

Woolsey S., Weber C., Gonser T., Hoehn E., Hostmann M., Junker B., Roulier C., Schweizer S., Tiegs S., Tockner K. and Peter A. 2005. Handbook for evaluating rehabilitation projects in rivers and streams. Publication by the Rhone-Thur project. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. Zurich, Swiss. Pp. 108.

Zamora G.H. 2007. El Índice BMWP y la Evaluación Ecológica del Agua en los Ecosistemas Acuáticos Epicontinentales Naturales de Colombia. *Rev. Asoc. Col. Cien. Biol.* 19:73-81.

11. FIGURAS

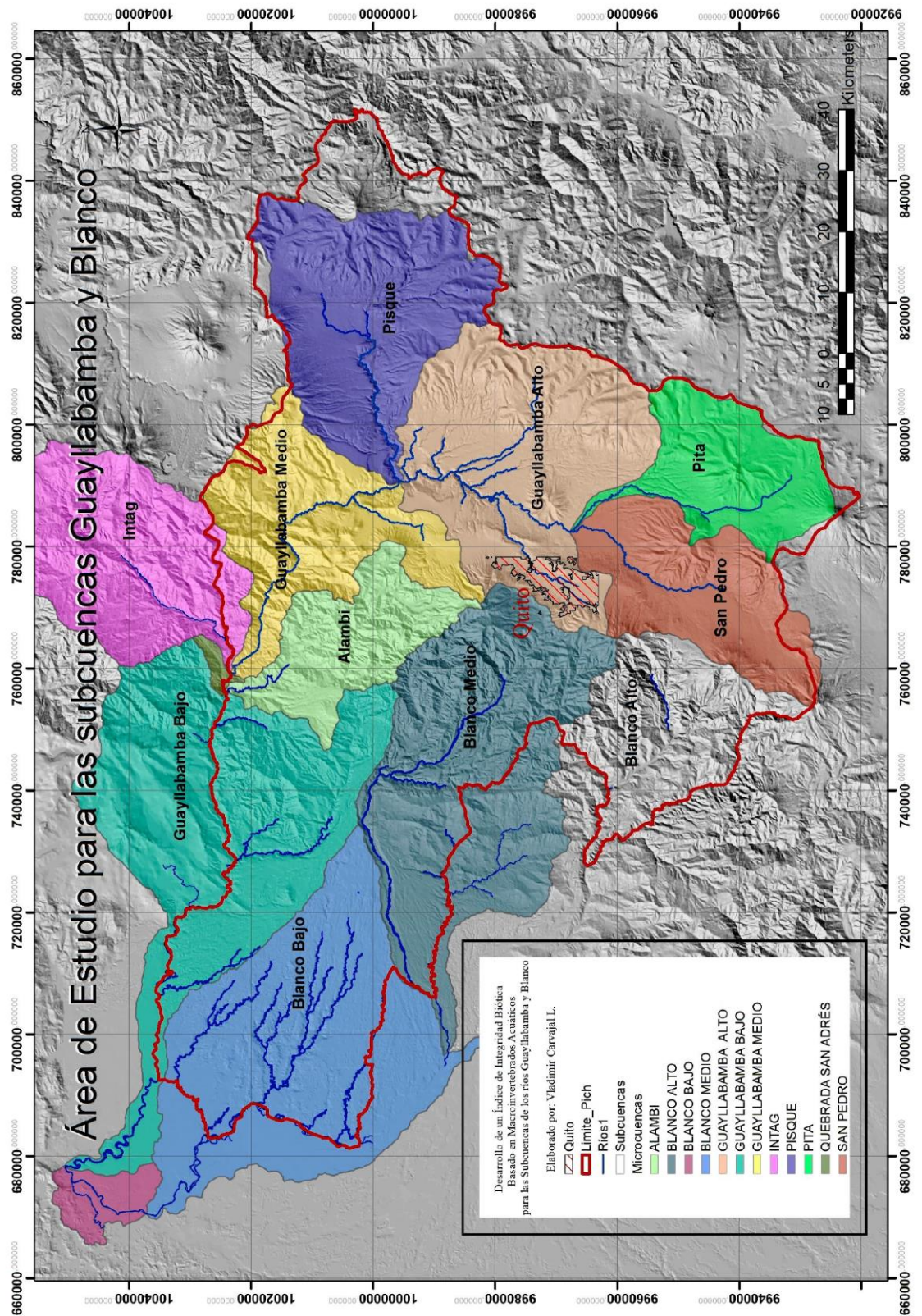


Figura 1. Mapa de las Subcuencas y microcuencas del área de estudio.

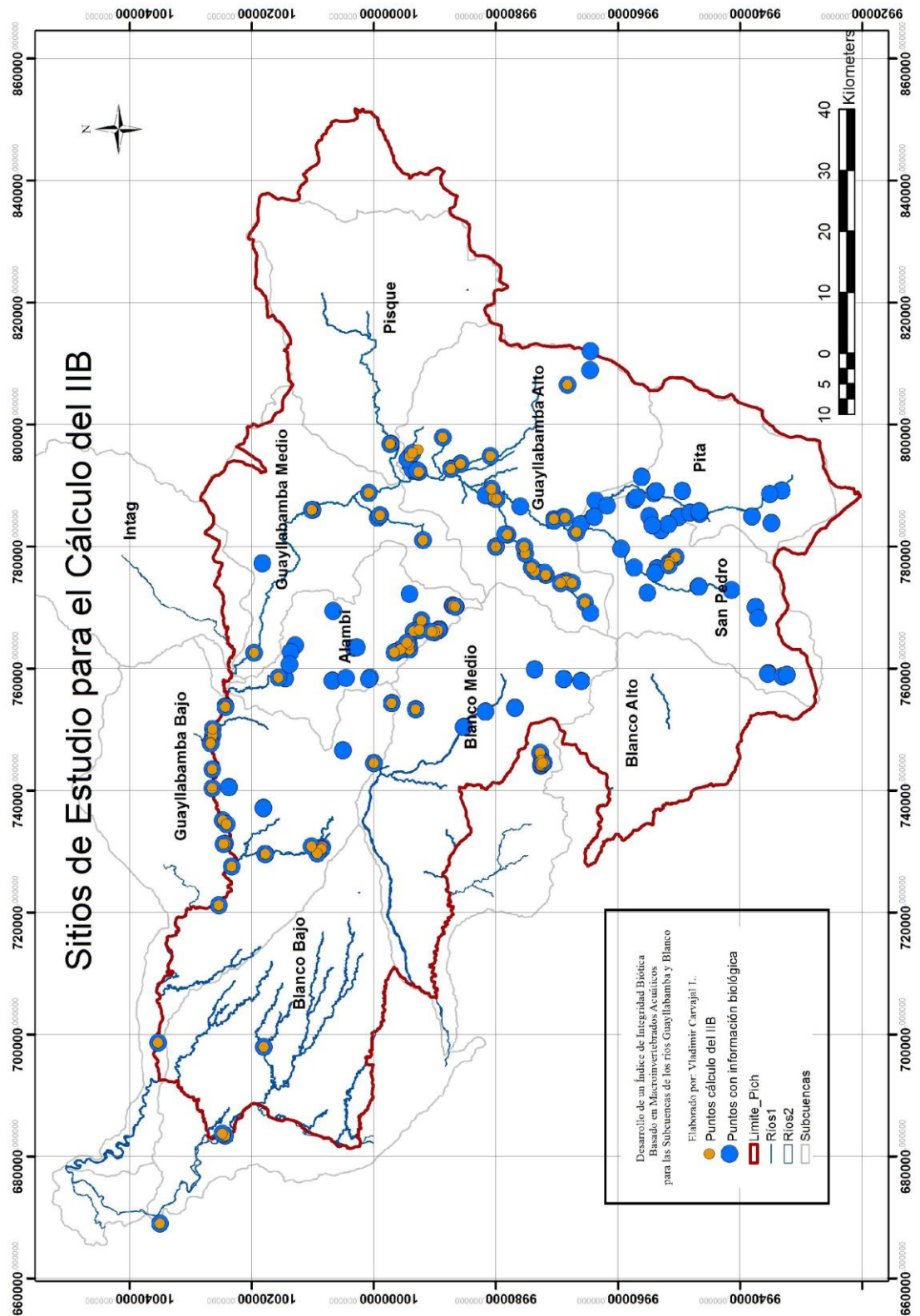


Figura 2. Mapa de distribución de los puntos de información biológica y puntos seleccionados para el cálculo del IIB dentro del área de estudio.

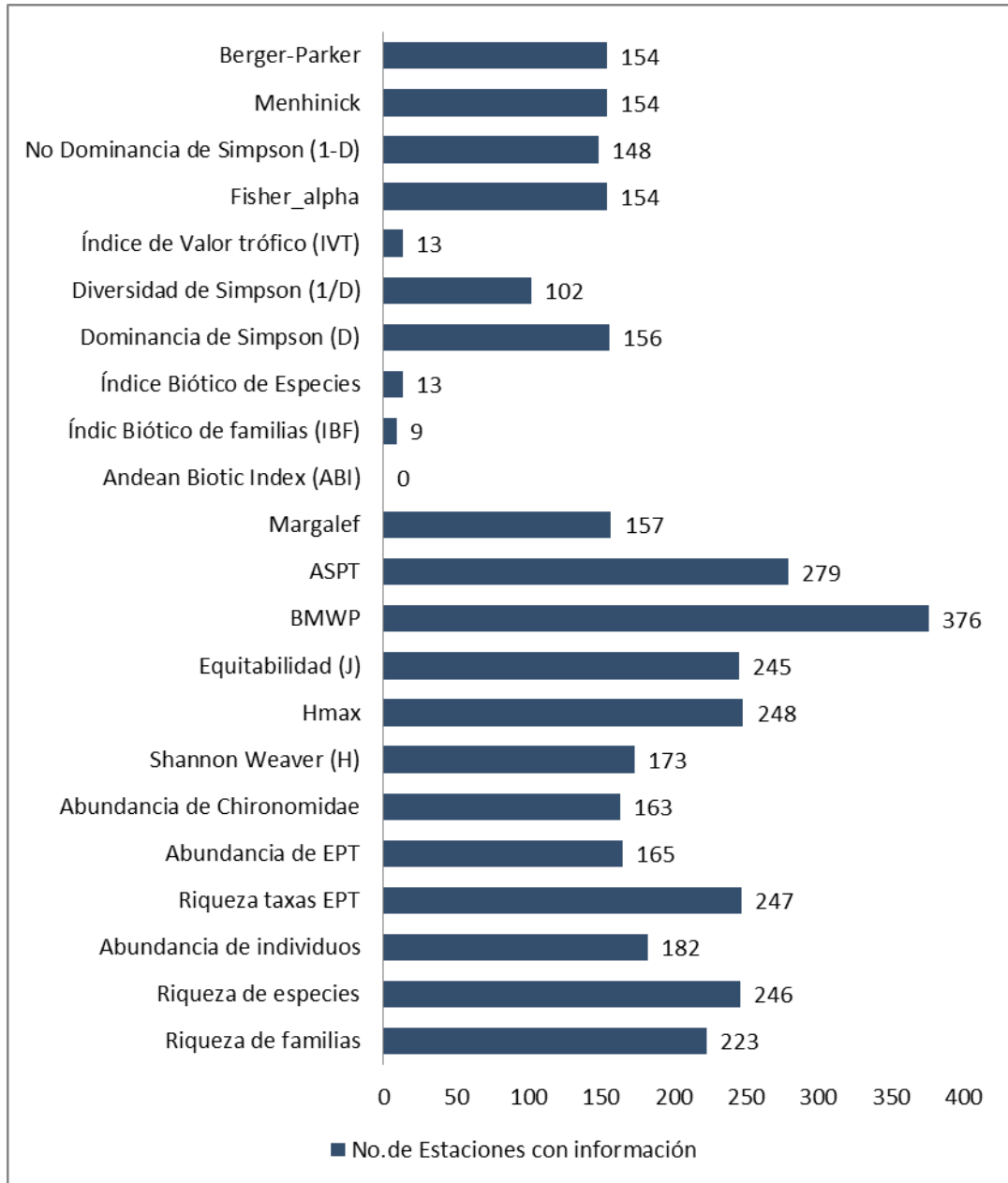


Figura 3. Relación de las métricas analizadas y la cantidad de estaciones con información biológica.

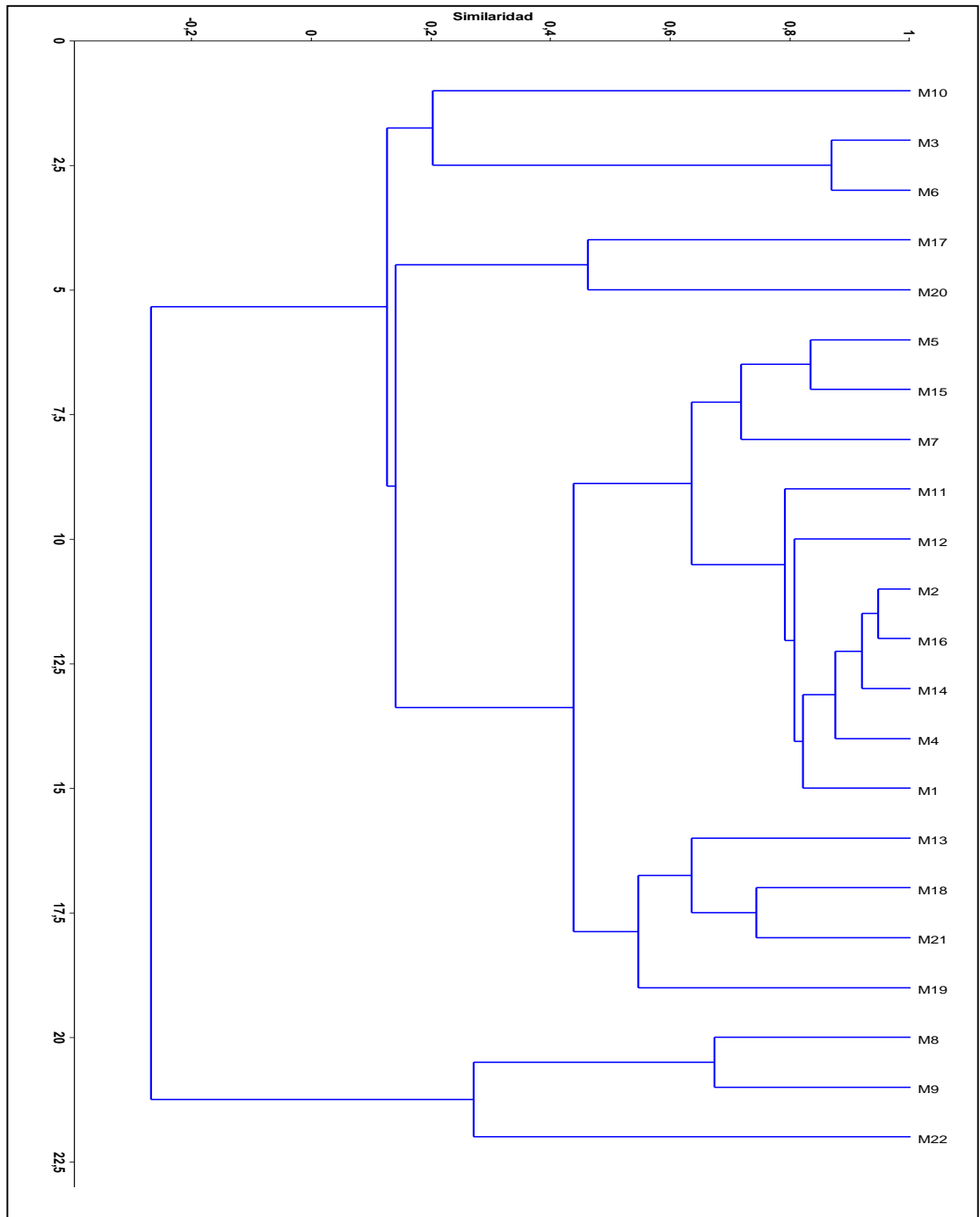


Figura 4. Análisis clúster de similitud de uso las métricas 1 a 22 propuestas para el desarrollo del IIB. M= métrica (los códigos de las métricas pueden verse en el Anexo 1).

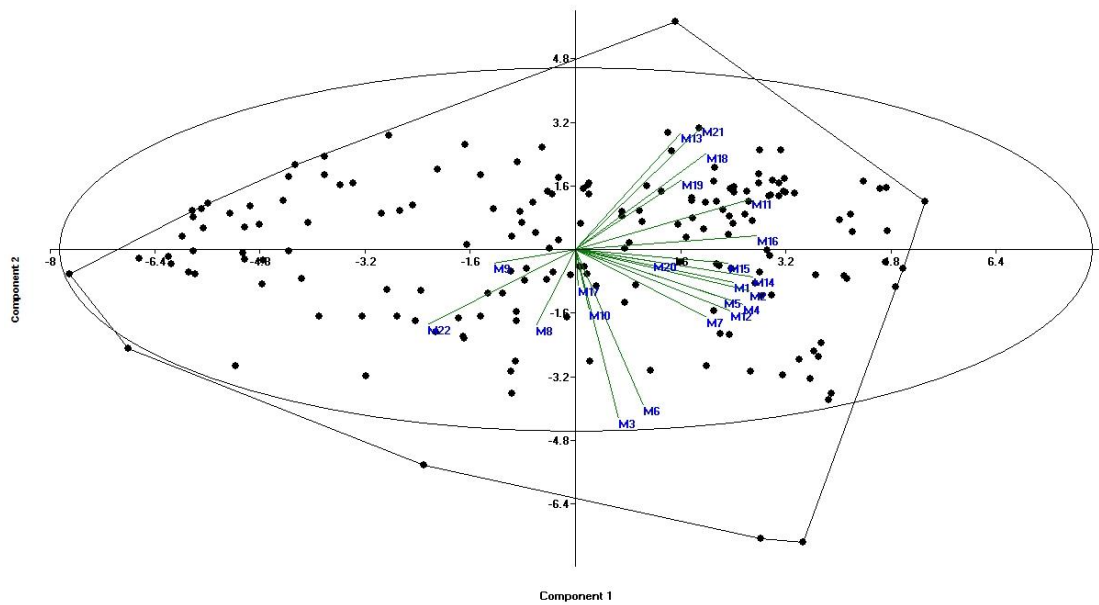


Figura 5. Gráfico bidimensional para el análisis de componentes principales 1 y 2. La elipse explica el 95% de la variabilidad y el polígono los límites de la distribución de los casos. Las líneas verdes son los vectores para cada una de las métricas M (Los códigos para las métricas M se pueden ver en el Anexo I).

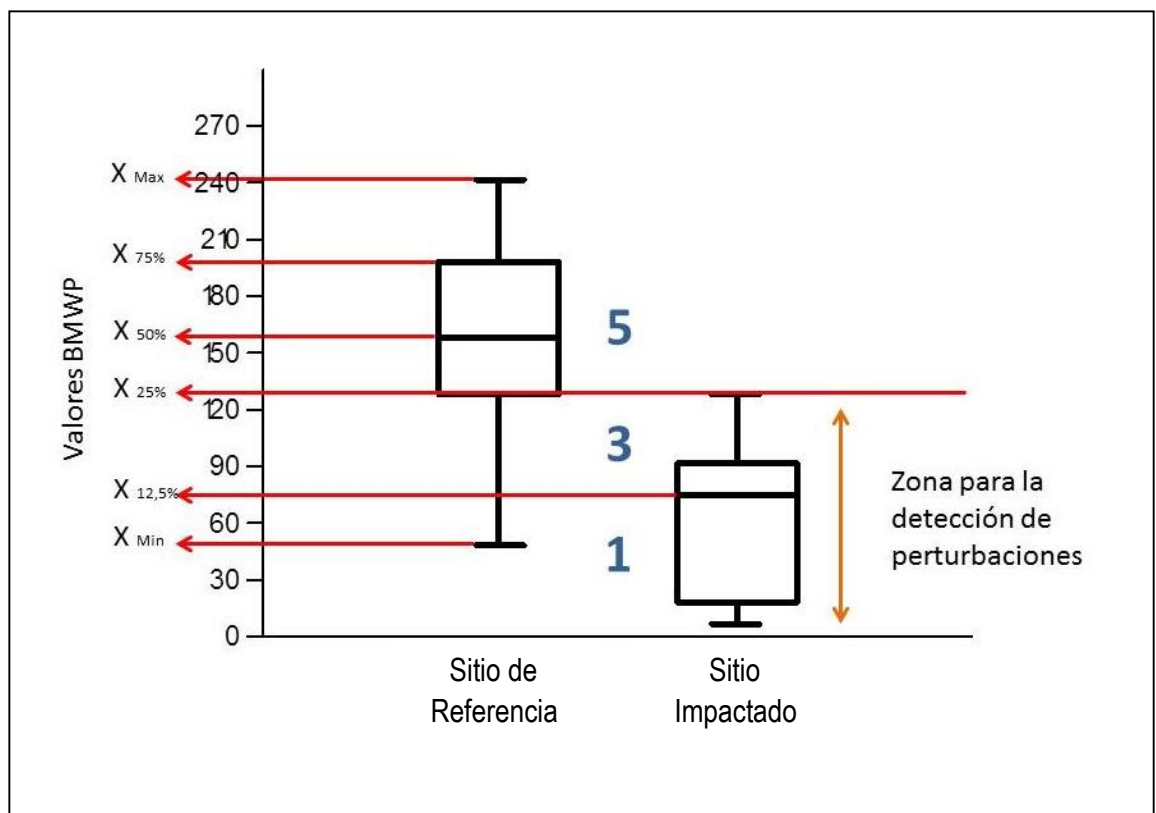


Figura 6. Distribución Box plot de cuartiles de la métrica BMWP, para un sitio de referencia (Alambi) y un sitio impactado (San Pedro). Los números 5, 3 y 1 son los valores que ponderan el grado de perturbación (Elaborado V. Carvajal 2016, basado en Segnini, 2003).

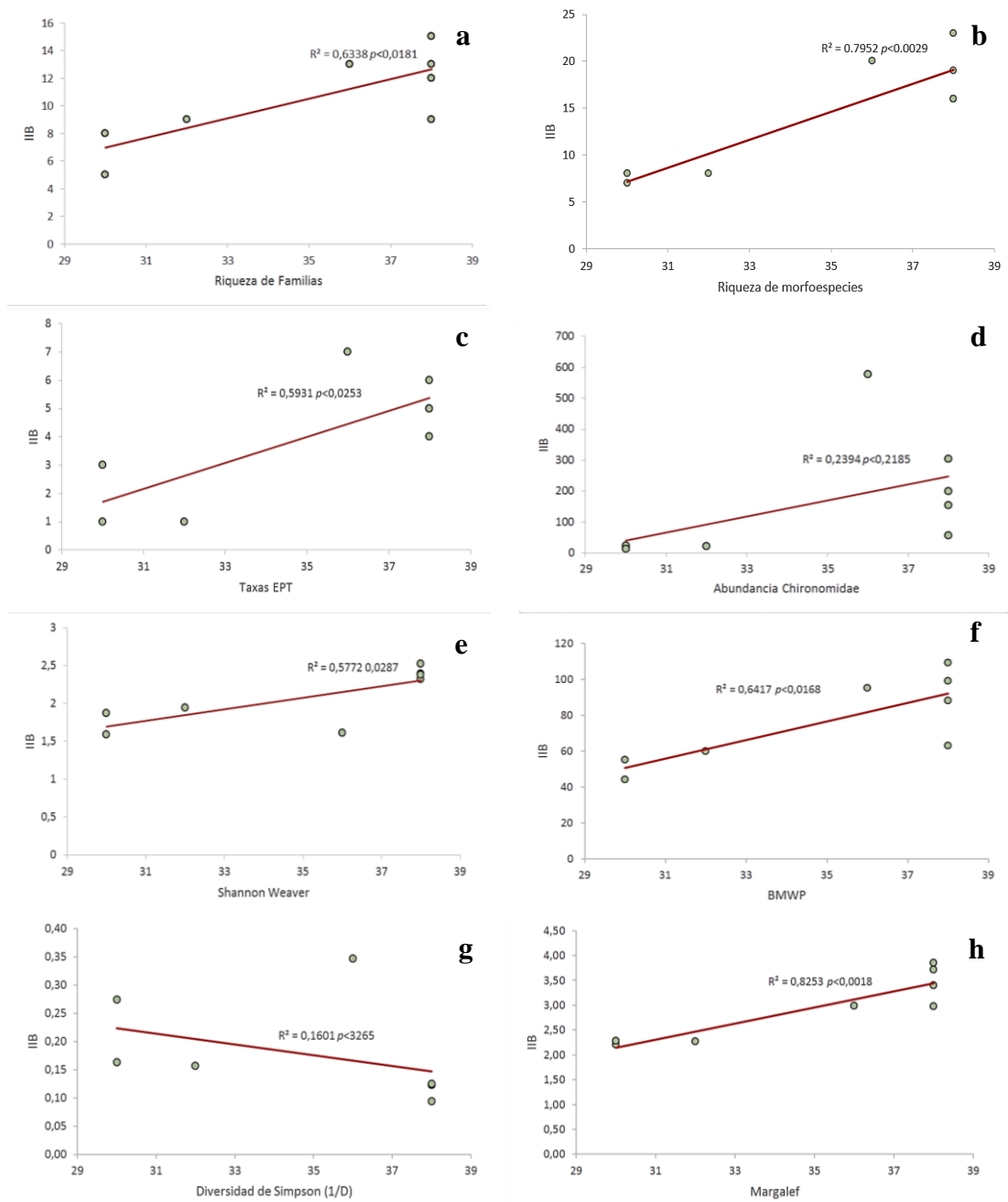


Figura 7. Análisis de regresión lineal entre el IIB y las métricas seleccionadas. a) Riqueza de Familias, b) Riqueza de Morfoespecies, c) Índice EPT, d) abundancia de Chironomidae, e) Índice de Shannon – Weaver, f) Índice BMWP, g) Índice de Diversidad de Simpson, h) Índice de Margalef.

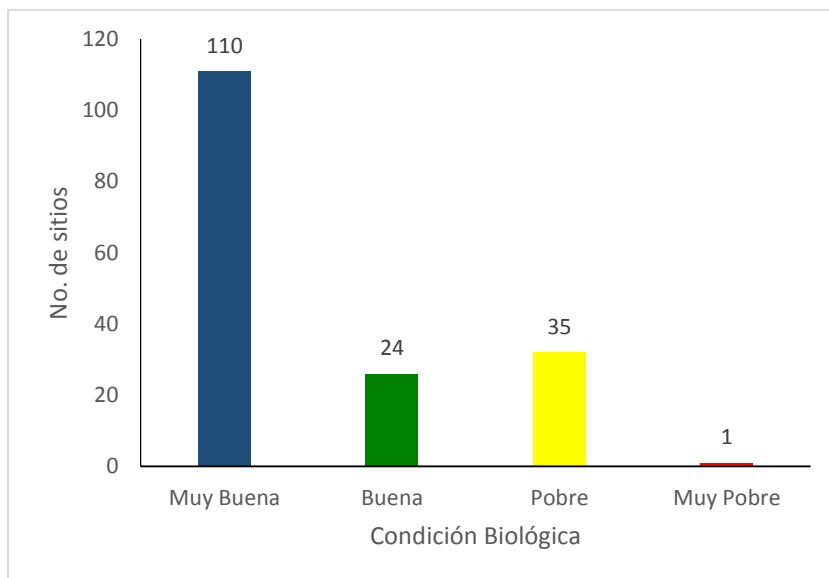


Figura 8. Resumen de las condiciones biológicas de la subcuenca del río Guayllabamba a través del IIB.

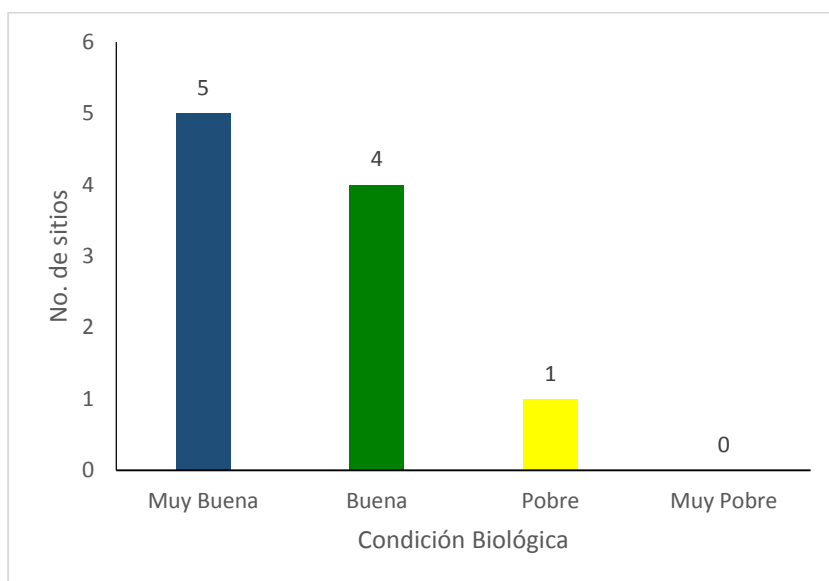


Figura 9. Resumen de las condiciones biológicas de la subcuenca del río Blanco a través del IIB.

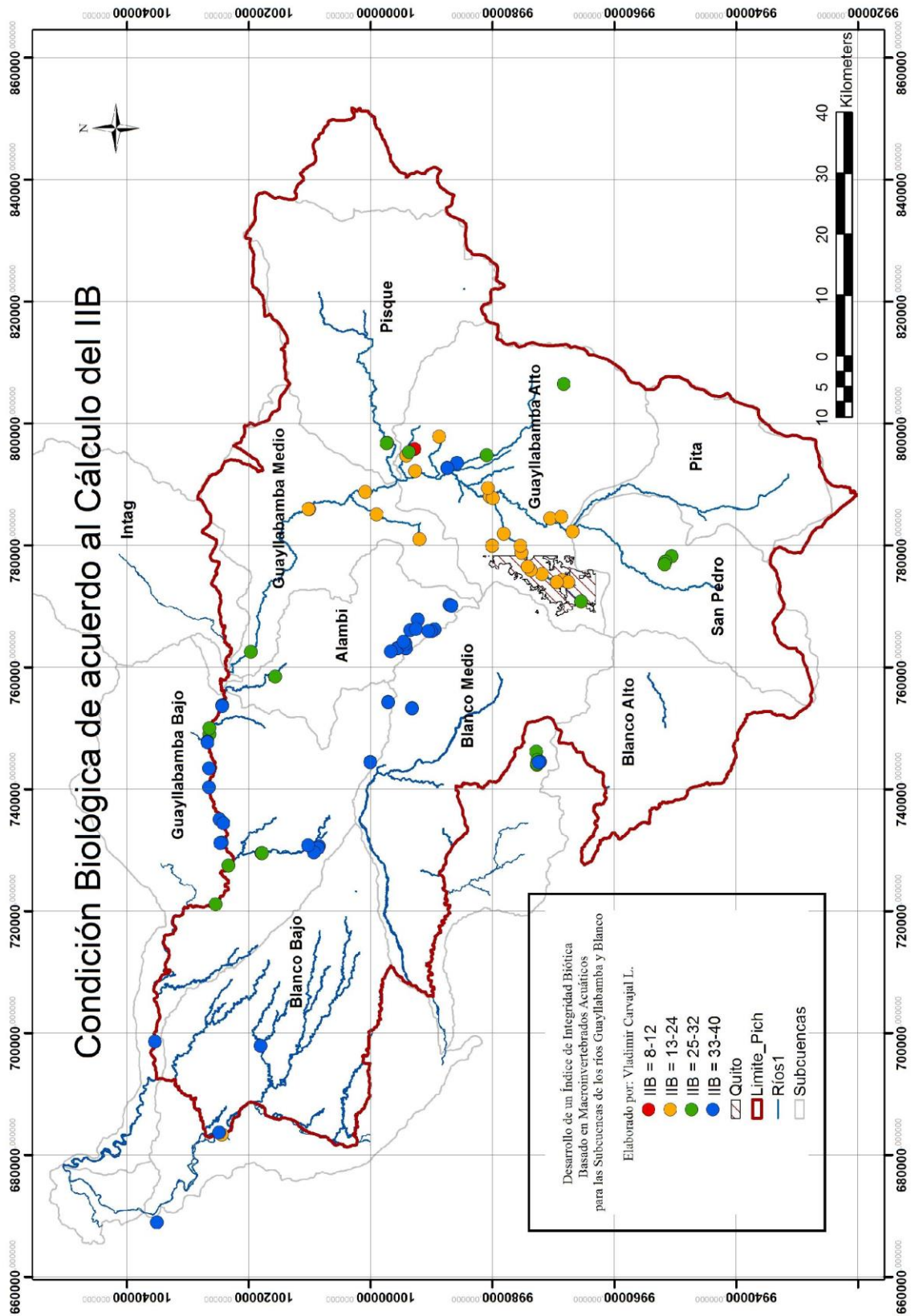


Figura 10. Valor del Índice de Integridad Biótica con información de Macroinvertebrados Acuáticos para las estaciones ubicadas en las subcuencas y microcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco.

12. TABLAS

Tabla 1. Características de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco.

COD PFAFSTEITTER	Nombre	Cota (m.s.n.m.)	Área (km²)	Perímetro (km)	Long. Cauce Princ.(km)
NIVEL 4 GUAYLLABAMBA					
1524	GUAYLLABAMBA	60	8239	670	312,6
NIVEL 5 GUAYLLABAMBA					
15241	GUAYLLABAMBA BAJO	60	1907	295	125,5
15242	ALAMBI	720	550	144	67,6
15243	QUEBRADA SAN ANDRÉS	720	29	31	14,1
15244	INTAG	800	1044	154	70,6
15245	GUAYLLABAMBA MEDIO	800	878	200	82,6
15246	PISQUE	1840	1127	172	78,6
15247	GUAYLLABAMBA ALTO	1840	1359	186	69,3
15248	PITA	2440	592	141	59,6
15249	SAN PEDRO	2440	751	140	70,1
RÍO BLANCO					
	BLANCO	60	3553	397	193,4
NIVEL 4 RÍO BLANCO					
1528	BLANCO ALTO	320	1659	232	94,7
1527	BLANCO MEDIO	80	1743	216	79,2
1525	BLANCO BAJO	60	151	61	19,4

COD. PFAFSTEITTER = Código jerárquico utilizado para la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Ecuador.

Tabla 2. Eigen values, porcentaje de varianza y porcentaje de varianza acumulado para el Análisis de Componentes Principales.

Componente principal	Eigen-Valor	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
1	10.0724	45.784	45.784
2	3.41413	15.519	61.30
3	1.95003	8.8638	70.17
4	1.50268	6.8304	77.00
5	0.885055	4.023	81.02
6	0.76302	3.4683	84.48
7	0.688241	3.1284	87.62
8	0.608719	2.7669	90.38
9	0.41183	1.872	92.26
10	0.372285	1.6922	93.95
11	0.293318	1.3333	95.28
12	0.215689	0.9804	96.26
13	0.197789	0.89904	97.16
14	0.190389	0.86541	98.03
15	0.133802	0.60819	98.63
16	0.114964	0.52257	99.16
17	0.0957308	0.43514	99.59
18	0.0341151	0.15507	99.75
19	0.0259236	0.11783	99.86
20	0.0204062	0.092756	99.96
21	0.00549717	0.024987	99.98
22	0.00399989	0.018181	100.00

Tabla 3. Variables de respuesta al ambiente de las métricas analizadas.

MÉTRICAS	TENDENCIA CON LA ALTERACIÓN DEL AMBIENTE
Riqueza y Composición Taxonómica	
Riqueza de familias	Disminuye
Riqueza de especies	Disminuye
Riqueza taxas EPT	Disminuye
% taxas EPT	Disminuye
Abundancia	
Abundancia de individuos	Disminuye
Abundancia de EPT	Disminuye
Índices de Diversidad	
Shannon (H)	Disminuye
Hmax	Disminuye
Equitabilidad (J)	Disminuye
BMWP	Disminuye
ASPT	Disminuye
Margalef	Disminuye
Dominancia de Simpson (D)	Disminuye
Diversidad de Simpson (1/D)	Disminuye
Fisher_alpha	Disminuye
No Dominancia de Simpson (1-D)	Disminuye
Menhinick	Disminuye
Berger-Parker	Disminuye
Tolerancia	
Abundancia de Chironomidae	Aumenta
Andean Biotic Index (ABI)	Disminuye
Índice de valor Trófico (IVT)	Aumenta
Índice Biótico de Familias (IBF)	Disminuye

Tabla 4. *Asignación de valores en función de los rangos de sensibilidad para el cálculo del IIB.*

Métrica	Límites de los cuartiles					Límites de los valores de ponderación		
	Min	25%	50%	75%	Max	5	3	1
Riqueza de familias	1	7,75	15,5	23,25	31	$\geq 7,75$	7,74 - 3,87	$< 3,87$
Riqueza de especies	1	12,5	25	37,5	50	$\geq 12,5$	12,4 - 6,25	$< 6,25$
Riqueza taxas EPT	0	7,75	15,5	23,25	31	$\geq 7,75$	7,74 - 3,87	$< 3,87$
Shannon Weaver (H)	0	1,65	2,48	3,31	5,0	$\geq 1,65$	1,64 - 0,83	$< 0,83$
Abundancia de Chironomidae	0	234,5	469	703,5	938	$< 117,4$	234,6-117,5	$\geq 234,5$
BMWP	2	60,25	120,5	180,75	241	$\geq 60,25$	60,24 - 30,12	$< 30,12$
Margalef	0	1,94	3,88	5,83	7,77	$\geq 1,94$	1,93 - 0,97	$< 0,96$
Dominancia de Simpson(D)	0	1,48	2,96	4,45	5,93	$\geq 1,48$	1,47 - 0,74	$< 0,73$

Tabla 5. *Categorías de la condición biológica según los valores del IIB.*





Valor de IIB	Condición biológica del río	Color asignado
8 a 12	Muy Pobre	
13 a 24	Pobre	
25 a 32	Buena	
33 a 40	Muy Buena	

Tabla 6. Resumen de la condición biológica de las estaciones de estudio en las subcuencas y microcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, en base a los valores del IIB.

		Número de estaciones							
		Subcuenca Guayllabamba						Subcuenca Blanco	
Valor de IIB	Condición biológica del río	Guayll. Alto	Guayll. Medio	Alambi	Pisque	Pita	San Pedro	Blanco Alto	Blanco Medio
8 a 12	Muy Pobre	1	0	0	0	0	0	0	0
13 a 24	Pobre	20	6	1	1	1	6	0	1
25 a 32	Buena	7	11	1	1	1	3	4	0
33 a 40	Muy Buena	10	40	60	0	0	0	2	3

Tabla 7. Acciones recomendadas en relación a los valores del IIB obtenidos y el número de sitios en las subcuencas estudiadas

Valor de IIB	Condición biológica del río	Guayllabamba	Blanco	Acción
33 a 40	Muy Buena	110	5	Protección
25 a 32	Buena	24	4	Restauración
13 a 24	Pobre	35	1	Rehabilitación
0 a 12	Muy Pobre	1	0	Mitigación

13. FOTOGRAFÍAS



Foto 1. Río Pita, (Sector Cóndor Machay).



Foto 2. Quebrada Sambache (Sector Pasochoa).



Foto 3. Río Guayllabamba antes de su confluencia con el Pisque.



Foto 4. Río Alambi.



Foto 5. Río Mindo.



Foto 6. Río Guayllabamba antes de su confluencia con la quebrada San Pedro.



Foto 7. Río Guayllabamba después de la descarga del río El Chontal.



Foto 8. Río Manduriacu Chico.



Foto 9. Río Verde antes de su confluencia con el Guayllabamba.



Foto 10. Río Huaycayacu.



Foto 11. Río Manduriacu Grande antes de su confluencia con el Guayllabamba.



Foto 12. Río Pachijal después de la confluencia con el río Magdalena.



Foto 13. Río Chaguayacu.



Foto 14. Río Tatalá.



Foto 15. Río Silanche.

14. ANEXOS

Anexo 1. Código de métricas analizadas

M1 = Riqueza de familias	M7 = % individuos EPT	M13 = Equitabilidad (J)	M19 = Fisher Alpha
M2 = Riqueza de especies	M8 = Abundancia Chironomidae	M14 = BMWP	M20 = Nodominancia de Simpson (1-D)
M3 = Abundancia	M9 = % individuos Chironomidae	M15 = ASPT	M21 = Menhinick
M4 = Taxas EPT	M10 = Relación EPT/Chironomidae	M16 = Margalef	M22 = Berger-Parker
M5 = % taxas EPT	M11 = Shannon Weaver (H)	M17 = Dominancia de Simpson (D)	
M6 = Abundancia EPT	M12 = Hmax	M18 = Diversidad de Simpson (1/D)	

Anexo 2. Base de datos con las métricas recabadas

Cod_punto	Riqueza de familias			Riqueza de especies			Abundancia de individuos		Riqueza taxon EPT		% taxon EPT		Abundancia individuos EPT		% individuos EPT		Abundancia Chironomidae		% individuos Chironomidae		Relación EPT/Chironomidae		Shannon Weaver (H)		Hmax		Equitabilidad (I)		BMWP		ASPT		Margalef		Ddominancia de Simpson (D)		Diversidad de Simpson (1/D)		Fisher_alpha		Simpson_1-D		Menhinick		Berger-Parker	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40	M41	M42				
IIB-001	10	14	144	3	21,43	51	35,42	17	11,81	3,00	2,19	2,64	0,83	51	5,10	2,62	5,6	7,37	3,833	0,864	1,167	0,229																								
IIB-002	23	38	578	12	31,58	171	29,58	119	20,59	1,44	2,53	3,64	0,70	155	6,74	5,82	5,32	6,93	9,125	0,856	1,581	0,311																								
IIB-003	5	7	419	3	42,86	407	97,14	5	1,19	81,40	0,95	1,95	0,49	30	6,00	0,99	5,9	2,22	1,19	0,55	0,34	0,54																								
IIB-004	8	12	34	4	33,33	20	58,82	7	20,59	2,86	2,17	2,48	0,87	68	8,5	3,12	4,3	6,57	6,61	0,85	2,06	0,29																								
IIB-005	12	18	232	8	44,44	163	70,26	3	1,29	54,33	1,6	2,89	0,55	81	6,75	3,12	5,52	3,14	4,56	0,68	1,18	0,50																								
IIB-006	23	34	322	12	35,29	209	64,91	18	5,59	11,61	2,84	3,53	0,81	142	6,17	5,72	4,34	11,75	9,60	0,91	1,89	0,20																								
IIB-007	23	35	454	13	37,14	352	77,53	54	11,89	6,52	2,58	3,56	0,73	152	6,61	5,56	4,83	8,33	8,84	0,88	1,64	0,26																								
IIB-008	23	34	286	11	32,35	137	47,90	21	7,34	6,52	2,94	3,53	0,83	162	7,04	5,84	0,07	14,29	10,05	0,929	2,01	0,143																								
IIB-009	23	37	320	13	35,14	219	68,44	18	5,63	12,17	2,72	3,61	0,75	142	6,17	6,07	0,09	11,11	10,82	0,905	2,068	0,15																								
IIB-010	11	14	21	7	50	13	61,90	1	4,76	13,00	2,53	2,64	0,96	78	7,09	4,27	0,09	11,11	18,36	0,912	3,055	0,143																								
IIB-011	23	35	175	13	37,14	114	65,14	23	13,14	4,96	2,93	3,56	0,82	162	7,04	6,58	0,08	12,5	13,16	0,922	2,646	0,143																								
IIB-012	12	17	130	8	47,06	114	87,69	8	6,15	14,25	1,77	2,83	0,62	87	7,25	3,29	0,29	3,45	5,225	0,708	1,491	0,492																								
IIB-013	4	5	58	4	80	57	98,28	0	0,00	0,00	0,62	1,61	0,39	31	7,75	0,99	0,70	1,43	1,312	0,3	0,657	0,828																								
IIB-014	17	23	81	13	56,52	52	64,20	12	14,81	4,33	2,79	2,56	0,89	124	7,29	5,01	0,08	12,84	10,71	0,92	2,56	0,15																								
IIB-015	22	24	235	12	50	181	77,02	3	1,28	60,33	2,62	2,48	0,83	152	6,91	4,21	0,09	10,53	6,69	0,91	1,57	0,16																								
IIB-016	19	27	265	9	33,33	119	44,91	6	2,26	19,83	2,73	2,20	0,83	139	7,32	4,66	0,09	11,28	7,52	0,91	1,66	0,16																								
IIB-017	18	24	349	11	45,83	174	49,86	39	11,17	4,46	2,53	2,40	0,79	139	7,72	3,93	0,11	9,51	5,85	0,89	1,29	0,19																								
IIB-018	13	19	808	9	47,37	467	57,80	0	0,00	0,00	1,91	2,20	0,65	93	7,15	2,69	0,21	4,78	3,49	0,79	0,67	0,31																								
IIB-019	24	31	272	13	41,94	177	65,07	4	1,47	44,25	2,68	2,56	0,78	188	7,83	5,35	0,10	9,81	9,01	0,90	1,88	0,21																								
IIB-020	19	22	91	8	36,36	55	60,44	1	1,10	55,00	2,46	2,08	0,80	133	7,00	4,66	0,12	8,11	9,22	0,88	2,31	0,23																								
IIB-021	19	27	265	9	33,33	119	44,91	6	2,26	19,83	2,73	2,20	0,83	139	7,32	4,66	0,09	11,28	7,52	0,91	1,66	0,16																								
IIB-022	15	20	260	8	40	103	39,62	1	0,38	103,00	2,22	2,08	0,74	118	7,87	3,42	0,14	6,92	5,05	0,85	1,24	0,25																								
IIB-023	25	42	1192	18	42,86	899	75,42	48	4,03	18,73	2,75	3,74	0,74	183	7,32	5,93	5,93	0,17	8,73	5,93	1,25	0,27																								
IIB-024	22	35	375	15	42,86	761	202,93	26	6,93	29,27	2,84	3,56	0,80	176	8,00	5,13	5,13	0,19	7,48	5,13	1,19	0,32																								
IIB-025	25	31	884	16	51,61	256	28,96	22	2,49	11,64	2,36	3,43	0,69	192	7,68	5,74	5,74	0,17	9,44	5,74	1,81	0,20																								
IIB-026	20	31	884	16	51,61	642	72,62	52	5,88	12,35	2,36	3,43	0,69	157	7,85	4,42	4,42	0,23	6,25	4,42	1,04	0,30																								
IIB-027	17	37	485	21	56,76	281	57,94	62	12,78	4,53	3,11	3,61	0,86	161	9,47	5,82	5,82	0,17	9,32	0,94	1,68	0,13																								
IIB-028	13	31	618	20	64,52	469	75,89	41	6,63	11,44	2,49	3,43	0,73	155	11,92	4,67	4,67	0,21	6,87	0,85	1,25	0,33																								
IIB-029	12	29	319	19	65,52	191	59,87	22	6,90	8,68	2,68	3,37	0,80	148	12,33	4,86	4,86	0,21	7,75	0,91	1,62	0,21																								
IIB-030	18	31	514	21	67,74	362	70,43	0	0,00	0,00	2,81	3,43	0,82	172	9,56	5,29	5,29	0,19	8,18	0,91	1,50	0,17																								

Anexo 2. (Cont.) Base de datos con las métricas utilizadas para el desarrollo del IIB

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
IIB-031	20	42	351	24	57,14	227	64,67	12	3,42	18,92	3,01	3,74	0,81	176	8,80	7,00	0,07	14,07	12,45	0,93	2,24	0,14
IIB-032	15	35	914	21	60	802	87,75	13	1,42	61,69	2,21	3,56	0,62	165	11,00	4,99	0,24	4,17	7,22	0,76	1,16	0,46
IIB-033	12	22	321	17	77,27	296	92,21	5	1,56	59,20	1,68	3,09	0,54	121	10,08	3,64	0,37	2,71	5,35	0,63	1,23	0,59
IIB-034	13	24	67	18	75	51	76,12	6	8,96	8,50	2,77	3,18	0,87	129	9,92	5,47	0,09	10,77	13,39	0,91	2,93	0,22
IIB-035	15	32	212	19	59,38	159	75,00	7	3,30	22,71	2,65	3,47	0,76	134	8,93	5,79	0,12	8,64	10,47	0,88	2,20	0,24
IIB-036	22	47	834	29	61,7	655	78,54	10	1,20	65,50	2,99	3,85	0,78	127	5,77	6,84	0,08	13,25	10,78	0,92	1,63	0,15
IIB-037	18	45	1498	30	66,67	1283	85,65	17	1,13	75,47	2,12	3,81	0,56	240	13,33	6,02	0,30	3,36	8,74	0,70	1,16	0,53
IIB-038	18	38	1079	28	73,68	928	86,01	22	2,04	42,18	2,34	3,64	0,64	226	12,56	5,30	0,19	5,32	7,67	0,81	1,16	0,39
IIB-039	18	39	264	29	74,36	168	63,64	23	8,71	7,30	3,2	3,66	0,87	231	12,83	6,82	0,05	18,58	12,64	0,95	2,40	0,11
IIB-040	18	43	366	28	65,12	242	66,12	10	2,73	24,20	3,03	3,76	0,81	217	12,06	7,12	0,09	11,70	12,65	0,91	2,25	0,20
IIB-041	22	43	492	29	67,44	397	80,69	12	2,44	33,08	2,75	3,76	0,73	234	10,64	6,78	0,08	11,79	11,34	0,92	1,94	0,20
IIB-042	20	44	1609	28	63,64	1384	86,02	11	0,68	125,82	2,41	3,78	0,64	221	11,05	5,82	0,19	5,23	8,36	0,81	1,10	0,39
IIB-043	20	45	1114	27	60	925	83,03	13	1,17	71,15	1,68	3,81	0,44	216	10,80	6,27	0,16	6,12	9,41	0,84	1,35	0,36
IIB-044	20	36	267	26	72,22	208	77,90	16	5,99	13,00	2,82	3,58	0,79	211	10,55	6,26	0,09	11,15	11,21	0,91	2,20	0,18
IIB-045	21	46	725	30	65,22	496	68,41	34	4,69	14,59	3,03	3,83	0,79	241	11,48	6,83	0,07	13,34	10,93	0,93	1,71	0,18
IIB-046	21	46	843	31	67,39	586	69,51	56	6,64	10,46	3,05	3,83	0,80	241	11,48	6,68	0,09	11,58	10,45	0,91	1,58	0,24
IIB-047	21	42	1638	26	61,9	1371	83,70	67	4,09	20,46	2,42	3,74	0,65	201	9,57	5,54	0,16	6,28	7,86	0,84	1,04	0,28
IIB-048	21	42	3247	27	64,29	3000	92,39	36	1,11	83,33	1,78	3,74	0,48	210	10,00	5,07	0,33	2,99	6,81	0,67	0,74	0,55
IIB-049	19	37	791	24	64,86	538	68,02	91	11,50	5,91	2,9	3,61	0,80	196	10,32	5,40	0,08	12,79	8,05	0,92	1,32	0,16
IIB-050	18	37	1650	25	67,57	877	53,15	12	0,73	73,08	2,03	3,61	0,56	201	11,17	4,86	0,23	4,41	6,72	0,77	0,91	0,38
IIB-051	21	21	832	7	33,33	477	57,33	52	6,25	9,17	2,00	3,04	0,66	38	1,81	2,97	0,22	0,79	3,92	0,785	0,73	0,4
IIB-052	22	22	2028	9	40,91	1058	52,17	470	23,18	2,25	1,91	3,09	0,62	54	2,43	2,76	0,23	0,77	3,45	0,772	0,49	0,39
IIB-053	23	23	1662	7	30,43	945	56,86	439	26,41	2,15	2,10	3,14	0,67	45	1,95	2,97	0,17	0,83	3,78	0,831	0,57	0,27
IIB-054	20	20	1256	7	35	523	41,64	518	41,24	1,01	1,98	3,00	0,66	47	2,34	2,66	0,22	0,78	3,38	0,777	0,56	0,41
IIB-055	25	25	1724	10	40	1212	70,30	116	6,73	10,45	2,24	3,22	0,70	68	2,71	3,22	0,15	0,85	4,14	0,852	0,60	0,24
IIB-056	25	25	1305	9	36	678	51,95	192	14,71	3,53	2,31	3,22	0,72	63	2,50	3,35	0,12	0,88	4,39	0,88	0,69	0,16
IIB-057	22	25	662	6	24	158	23,87	199	30,06	0,79	2,18	3,22	0,68	144	6,55	3,70	0,18	0,82	5,14	0,825	0,97	0,30
IIB-058	17	21	1024	5	23,81	527	51,46	148	14,45	3,56	1,63	3,04	0,54	130	7,65	2,89	0,29	0,71	3,74	0,709	0,66	0,45

Anexo 2. (Cont.) Base de datos con las métricas utilizadas para el desarrollo del IIB

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
IIB-059	16	18	308	4	22,22	74	24,03	59	19,16	1,25	2,39	2,9	0,83	99	6,2	2,97	0,11	0,89	4,17	0,89	1,03	0,19
IIB-060	18	18	668	5	27,8	512	76,65	18	2,69	28,44	1,41	2,9	0,49	97	5,4	2,614	0,46	0,54	3,41	0,54	0,70	0,67
IIB-061	18	19	128	4	21,1	26	20,31	47	36,72	0,55	2,28	2,9	0,78	106	5,9	3,71	0,17	0,83	6,17	0,83	1,68	0,37
IIB-062	18	18	518	5	27,8	276	53,28	29	5,60	9,52	1,91	2,9	0,66	102	5,7	2,72	0,23	0,77	3,622	0,77	0,79	0,42
IIB-063	18	19	160	4	21,1	36	22,50	35	21,88	1,03	2,52	2,94	0,86	89	4,94	3,547	0,11	0,89	5,614	0,89	1,50	0,22
IIB-064	17	17	485	5	29,41	381	78,56	7	1,44	54,43	1,05	2,83	0,37	99	5,82	2,587	0,58	0,42	3,428	0,42	0,77	0,76
IIB-065	31	46	843	21	45,65	586	69,51	56	6,64	10,46	3,05	3,83	0,80	233	7,52	6,597	0,09	10,65	10,36	0,91	1,60	0,26
IIB-066	26	42	1638	21	50	1371	83,70	67	4,09	20,46	2,42	3,74	0,65	198	7,62	5,496	0,19	5,36	7,85	0,81	1,08	0,31
IIB-067	24	37	791	19	51,35	330	41,72	91	11,50	3,63	2,9	3,61	0,80	191	7,96	5,331	0,08	11,90	8,01	0,92	1,35	0,18
IIB-068	27	42	3247	21	50	2999	92,36	36	1,11	83,31	1,78	3,74	0,48	194	7,19	5,045	0,43	2,33	6,82	0,57	0,78	0,64
IIB-069	25	37	1650	18	48,65	877	53,15	12	0,73	73,08	2,03	3,61	0,56	197	7,88	4,854	0,29	3,46	6,79	0,71	0,98	0,47
IIB-070	29	45	356	17	37,78	195	54,78	21	5,90	9,29	3,27	3,81	0,86	228	7,86	7,344	0,05	19,05	13,32	0,95	2,36	0,11
IIB-071	19	34	345	11	32,35	107	31,01	14	4,06	7,64	2,88	3,53	0,82	128	6,74	5,351	0,09	10,81	8,77	0,98	1,77	0,22
IIB-072	22	39	274	14	35,9	132	48,18	8	2,92	16,50	2,92	3,66	0,80	141	6,41	6,273	0,09	10,69	11,25	0,97	2,21	0,22
IIB-073	24	47	372	19	40,43	156	41,94	49	13,17	3,18	3,31	3,85	0,86	182	7,58	7,772	0,05	19,63	14,24	0,95	2,44	0,11
IIB-074	30	50	671	17	34	159	23,70	45	6,71	3,53	3,17	3,91	0,81	227	7,57	7,528	0,07	14,03	12,49	0,93	1,93	0,21
IIB-075	25	38	364	14	36,8	139	38,19	40	10,99	3,48	3,08	3,64	0,85	180	7,20	6,274	0,063	15,80	10,68	0,94	1,99	0,107
IIB-076	23	39	795	15	38,5	405	50,94	240	30,19	1,69	2,84	3,66	0,78	172	7,48	5,69	0,099	10,12	8,59	0,90	1,38	0,21
IIB-077	19	34	345	11	32,35	107	31,01	6	1,74	17,83	2,86	3,53	0,81	153	8,05	6,002	0,09	11,16	11,48	0,91	2,42	0,19
IIB-078	22	39	274	14	35,9	142	51,82	8	2,92	17,75	3	3,66	0,82	139	6,32	6,716	0,07	13,51	13,93	0,93	2,78	0,15
IIB-079	21	36	258	15	41,67	132	51,16	9	3,49	14,67	3,07	3,58	0,86	87	4,14	7,229	0,07	13,64	13,86	0,93	2,58	0,15
IIB-080	19	34	345	11	32,35	107	31,01	75	21,74	1,43	2,88	3,53	0,82	152	8,00	5,647	0,09	11,76	9,355	0,92	1,83	0,21
IIB-081	22	39	274	14	35,9	132	48,18	8	2,92	16,50	2,92	3,66	0,80	155	7,05	6,77	0,09	11,36	12,43	0,912	2,36	0,21
IIB-082	21	36	258	15	41,67	162	62,79	14	5,43	11,57	3,01	3,58	0,84	152	7,24	6,303	0,07	14,73	11,38	0,93	2,24	0,14
IIB-083	20	34	247	15	44,12	78	31,58	73	29,55	1,07	2,93	3,53	0,83	147	7,35	5,99	0,08	12,87	10,68	0,92	2,16	0,18

Anexo2. (Cont.) Base de datos con las métricas utilizadas para el desarrollo del IIB

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
IIB-084	22	34	295	15	44,12	153	51,9	32	10,85	4,78	3	3,53	0,85	160	7,27	5,803	0,064	15,6	9,928	0,936	1,98	0,12
IIB-085	31	45	356	17	37,78	195	54,8	21	5,90	9,29	3,27	3,81	0,86	230	7,42	7,489	0,051	19,7	13,64	0,949	2,385	0,11
IIB-086	23	27	486	11	40,74	290	59,7	53	10,91	5,47	2,82	3,30	0,86	163	7,09	4,20	0,08	12,7	6,16	0,92	1,23	0,14
IIB-087	5	6	23	0	0	0	0,00	8	34,78	0,00	1,44	1,79	0,80	27	5,4	1,60	0,30	3,29	2,64	0,70	1,25	0,48
IIB-088	22	23	215	12	52,17	127	59,1	24	11,16	5,29	2,47	3,14	0,79	163	7,41	4,10	0,12	8,53	6,53	0,88	1,57	0,22
IIB-089	16	19	618	10	52,63	512	82,9	48	7,77	10,67	2,15	2,94	0,73	116	7,25	2,80	0,18	5,48	3,71	0,82	0,76	0,36
IIB-090	20	32	631	5	15,63	43	6,81	375	59,43	0,11	2,13	3,47	0,61	119	5,95	4,81	0,247	4,04	7,117	0,753	1,27	0,47
IIB-091	10	13	988	1	7,692	7	0,71	938	94,94	0,01	0,55	2,56	0,21	54	5,40	1,74	0,796	1,26	2,11	0,204	0,41	0,89
IIB-092	20	25	1567	7	28	1163	74,2	231	14,74	5,03	1,583	1,95	0,49	96	4,80	3,262	0,35	2,84	4,224	0,648	0,63	0,56
IIB-093	12	19	934	3	15,79	137	14,7	699	74,84	0,20	1,336	1,10	0,45	50	4,17	2,632	0,455	2,25	3,377	0,555	0,62	0,65
IIB-094	18	29	850	7	24,14	147	17,3	598	70,35	0,25	1,383	1,95	0,41	84	4,67	4,151	0,50	2,02	5,808	0,504	0,99	0,70
IIB-095	16	25	1271	7	28	264	20,8	383	30,13	0,69	2,024	1,95	0,63	75	4,69	3,358	0,19	5,16	4,412	0,806	0,70	0,30
IIB-096	26	35	1170	8	22,86	117	10,0	549	46,92	0,21	1,802	2,08	0,51	0	4,92	4,813	0,30	3,37	6,789	0,703	1,02	0,47
IIB-097	20	29	1406	6	20,69	107	7,61	719	51,14	0,15	1,553	1,79	0,46	92	4,60	3,863	0,34	2,96	5,17	0,663	0,77	0,51
IIB-098	8	8	228	0	0	0	0,00	17	7,46	0,00	1,22	2,08	0,59	19	2,375	1,289	0,38	2,64	1,614	0,621	0,53	0,50
IIB-099	6	6	192	0	0	0	0,00	14	7,29	0,00	0,6561	1,79	0,37	21	3,5	0,951	0,70	1,42	1,176	0,296	0,43	0,83
IIB-100	2	2	36	0	0	0	0,00	26	72,22	0,00	0,5908	0,69	0,85	5	2,5	0,279	0,60	1,67	0,457	0,401	0,33	0,72
IIB-101	4	4	1234	0	0	0	0,00	192	15,56	0,00	1,028	1,39	0,74	9	2,25	0,422	0,39	2,56	0,514	0,61	0,11	0,50
IIB-102	23	23	872	8	34,78	241	27,64	21	2,41	11,48	2,075	3,14	0,66	0	6,65	3,249	0,19	5,28	4,332	0,811	0,78	0,35
IIB-103	2	2	7	0	0	0	0,00	1	14,29	0,00	0,4101	0,69	0,59	3	1,5	0,514	0,76	1,32	0,935	0,245	0,76	0,86
IIB-104	5	5	12	0	0	0	0,00	1	8,33	0,00	1,314	1,61	0,82	12	2,4	1,61	0,33	3,00	3,218	0,667	1,44	0,5
IIB-105	4	4	20	0	0	0	0,0	16	80,00	0,00	0,7083	1,39	0,5	9	2,3	1,001	0,66	1,53	1,504	0,345	0,89	0,8
IIB-106	3	3	8	0	0	0	0,0	0	0,00	0,00	0,9743	1,10	0,89	7	2,33	0,962	0,41	2,46	1,743	0,594	1,06	0,5
IIB-107	5	5	21	0	0	0	0,0	2	9,52	0,00	1,087	1,61	0,7	11	2,2	1,314	0,47	2,11	2,076	0,526	1,09	0,67
IIB-108	3	3	8	0	0	0	0,0	2	25,00	0,00	1,213	1,10	1,1	13	4,3	1,443	0,34	2,91	3,184	0,656	1,41	0,5
IIB-109	8	8	312	0	0	0	0,00	13	4,17	0,00	0,7148	2,08	0,34	12	1,5	1,219	0,72	1,39	1,497	0,28	0,45	0,85
IIB-110	4	4	68	0	0	0	0,0	1	1,47	0,00	0,3877	1,39	0,3	6	1,5	0,711	0,83	1,20	0,929	0,166	0,49	0,91
IIB-111	9	9	619	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,5142	2,20	0,23	36	4	1,245	0,79	1,26	1,493	0,207	0,36	0,89
IIB-112	3	3	21	0	0	0	0,0	0	0,00	0,00	0,7732	1,10	0,7	8	2,67	0,657	0,53	1,89	0,958	0,472	0,66	0,67
IIB-113	3	3	127	0	0	0	0,0	1	0,79	0,00	0,2116	1,10	0,19	7	2,33	0,413	0,91	1,10	0,551	0,091	0,27	0,95
IIB-114	5	5	66	0	0	0	0,0	3	4,55	0,00	0,8265	1,61	0,5	9	1,80	0,955	0,60	1,68	1,256	0,403	0,62	0,76
IIB-115	3	3	10	0	0	0	0,0	1	10,00	0,00	0,639	1,10	0,6	7	2,3	0,869	0,66	1,52	1,453	0,34	0,95	0,8

Anexo 2. (Cont.) Base de datos con las métricas utilizadas para el desarrollo del IIB

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
IIB-116	2	2	2	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,6931	0,69	1,00	8	4,00	1,443	0,5	2,00	0	0,5	1,414	0,5
IIB-117	2	2	14	0	0	0	0,00	3	21,43	0,00	0,5196	0,69	0,75	3	1,50	0,379	0,66	1,51	0,639	0,337	0,535	0,786
IIB-118	3	3	60	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,2303	1,10	0,21	4	1,33	0,489	0,90	1,11	0,665	0,096	0,387	0,95
IIB-119	2	2	28	0	0	0	0,00	8	28,57	0,00	0,5983	0,69	0,86	3	1,50	0,3	0,59	1,69	0,493	0,408	0,378	0,714
IIB-120	1	1	13	0	0	0	0,00	13	100,00	0,00	0	0,00	0,00	2	2,00	0	1	1	0,253	0	0,277	1
IIB-121	8	8	189	3	37,5	7	3,70	53	28,04	0,13	1,69	2,08	0,81	36	4,50	1,335	0,21	4,76	1,694	0,79	0,582	0,28
IIB-122	9	9	474	2	22,22	3	0,63	297	62,66	0,01	1,03	2,20	0,47	43	4,78	1,298	0,46	2,18	1,576	0,541	0,413	0,627
IIB-123	3	3	815	0	0	0	0,00	180	22,09	0,00	0,54	1,10	0,49	6	2	0,298	0,65	1,53	0,393	0,346	0,105	0,778
IIB-124	6	6	712	0	0	0	0,00	700	98,31	0,00	0,11	1,79	0,06	16	2,67	0,761	0,97	1,03	0,899	0,033	0,225	0,983
IIB-125	1	1	2	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	4	0	1	1	0,796	0	0,707	1
IIB-126	5	5	239	0	0	0	0,00	5	2,09	0,00	0,26	1,61	0,16	9	1,8	0,73	0,90	1,11	0,894	0,097	0,323	0,95
IIB-127	11	12	108	2	16,67	4	3,70	40	37,04	0,10	1,66	2,48	0,67	50	4,55	2,349	0,24	4,19	3,454	0,761	1,155	0,296
IIB-128	9	10	398	0	0	0	0,00	91	22,86	0,00	1,11	2,30	0,48	21	2,33	1,503	0,48	2,07	1,862	0,516	0,501	0,673
IIB-129	6	7	70	0	0	0	0,00	34	48,57	0,00	1,65	1,95	0,85	28	4,67	1,412	0,21	4,76	1,936	0,79	0,837	0,243
IIB-130	10	13	1519	4	30,77	8	0,53	200	13,17	0,04	1,08	2,56	0,42	45	4,50	1,638	0,45	2,22	1,953	0,55	0,334	0,622
IIB-131	9	15	661	7	46,67	141	21,33	95	14,37	1,48	1,24	2,71	0,46	54	6,00	2,156	0,42	2,36	2,731	0,576	0,583	0,617
IIB-132	7	11	1073	4	36,36	939	87,51	116	10,81	8,09	0,60	2,40	0,25	37	5,29	1,433	0,75	1,34	1,707	0,252	0,336	0,861
IIB-133	10	14	809	8	57,14	665	82,20	113	13,97	5,88	1,27	2,64	0,48	58	5,80	1,942	0,44	2,28	2,405	0,562	0,492	0,637
IIB-134	24	32	1629	10	31,25	1210	74,28	340	20,87	3,56	2,08	3,47	0,60	154	6,42	4,192	0,17	5,87	5,645	0,83	0,793	0,255
IIB-135	31	44	1072	16	36,36	542	50,56	267	24,91	2,03	2,67	3,78	0,71	192	6,19	6,163	0,10	9,94	9,239	0,899	1,344	0,177
IIB-136	22	28	425	13	46,43	327	76,94	16	3,76	20,44	2,59	2,56	0,78	155	7,05	4,46	0,11	9,49	6,73	0,10	1,36	0,16
IIB-137	12	17	126	6	35,29	45	35,71	16	12,70	2,81	2,47	1,79	0,87	82	6,83	3,31	0,11	9,49	5,30	0,89	1,51	0,17
IIB-138	15	20	341	8	40	90	26,39	5	1,47	18,00	2,20	2,08	0,73	105	7,00	3,26	0,19	5,19	4,64	0,81	3,26	0,38
IIB-139	21	26	420	9	34,62	289	68,81	15	3,57	19,27	1,78	2,20	0,55	144	6,86	4,14	0,35	2,85	6,13	0,65	1,27	0,58
IIB-140	15	16	333	8	50	248	74,47	1	0,30	248,00	2,04	2,08	0,74	121	8,07	2,58	0,17	5,98	3,51	0,83	0,88	0,27
IIB-141	19	25	470	9	36	310	65,96	3	0,64	103,33	2,45	2,20	0,76	129	6,79	3,90	0,11	8,70	5,64	0,89	1,15	0,22
IIB-142	7	7	961	6	85,71	960	99,9	1	0,10	960,00	0,45	1,79	0,23	48	6,86	0,87	0,75	1,33	1,02	0,25	0,23	0,86
IIB-143	15	23	168	11	47,8	106	63,1	2	1,19	53,00	2,43	2,40	0,78	112	7,47	4,29	0,13	7,73	7,21	0,87	1,77	0,24
IIB-144	28	37	201	15	40,5	107	53,2	1	0,50	107,00	2,91	2,7	0,81	198	7,07	6,79	0,08	11,78	13,32	0,92	2,61	0,19

Anexo 2. (Cont.) Base de datos con las métricas utilizadas para el desarrollo del IIB

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
IIB-145	22	26	497	12	46,15	406	81,69	2	0,40	203,00	2,17	2,48	0,67	131	5,95	4,03	0,19	5,30	5,83	0,81	1,17	0,32
IIB-146	16	17	345	6	35,29	51	14,78	56	16,23	0,91	1,72	1,79	0,61	104	6,50	2,74	0,31	3,20	3,75	0,69	0,92	0,52
IIB-147	14	16	476	7	43,75	82	17,23	1	0,21	82,00	2,01	1,95	0,73	89	6,36	2,43	0,18	5,49	3,19	0,82	0,73	0,26
IIB-148	17	20	179	10	50	50	27,93	5	2,79	10,00	1,81	2,30	0,60	140	8,24	3,66	0,32	3,16	5,77	0,68	1,50	0,54
IIB-149	9	14	222	7	50	186	83,78	0	0,00	0,00	2,06	1,95	0,78	69	7,67	2,41	0,18	5,63	3,32	0,82	0,94	0,33
IIB-150	17	21	272	9	42,86	147	54,04	8	2,94	18,38	2,56	2,20	0,84	127	7,47	3,57	0,11	9,32	5,31	0,89	1,27	0,22
IIB-151	19	25	176	14	56	105	59,66	16	9,09	6,56	2,84	2,64	0,88	159	8,37	4,64	0,07	14,34	7,96	0,93	1,88	0,12
IIB-152	13	17	76	3	17,65	8	10,53	6	7,89	1,33	2,49	1,10	0,88	96	7,38	3,70	0,10	9,62	6,80	0,90	1,95	0,18
IIB-153	20	23	84	8	34,78	23	27,38	3	3,57	7,67	2,79	2,08	0,89	142	7,10	4,97	0,08	12,08	10,45	0,92	2,51	0,19
IIB-154	26	37	563	18	48,65	375	66,61	65	11,55	5,77	2,74	2,89	0,76	197	7,58	5,68	0,09	10,91	8,88	0,91	1,56	0,19
IIB-155	25	33	548	14	42,42	329	60,04	26	4,74	12,65	2,74	2,64	0,78	175	7,0	5,07	0,08	11,81	7,72	0,92	1,41	0,14
IIB-156	21	30	331	14	46,67	221	66,77	7	2,11	31,57	2,82	2,64	0,83	142	6,76	5,00	0,08	13,18	8,01	0,92	1,65	0,12
IIB-157	19	31	248	13	41,94	162	65,32	7	2,82	23,14	2,79	2,56	0,81	145	7,63	5,44	0,09	11,21	9,35	0,91	1,97	0,19
IIB-158	17	21	190	13	61,9	159	83,68	10	5,26	15,90	2,16	2,56	0,71	125	7,35	3,81	0,21	4,66	6,03	0,79	1,52	0,43
IIB-159	20	26	146	12	46,15	100	68,49	21	14,38	4,76	2,62	2,48	0,80	147	7,35	5,02	0,11	9,52	9,20	0,90	2,15	0,20
IIB-160	25	34	182	16	47,06	122	67,03	7	3,85	17,43	2,87	2,77	0,81	186	7,44	6,34	0,09	10,74	12,33	0,91	2,52	0,23
IIB-161	24	30	147	14	46,67	89	60,54	7	4,76	12,71	2,89	2,64	0,85	180	7,50	5,81	0,08	11,91	11,40	0,92	2,47	0,21
IIB-162	16	24	68	8	33,3	24	35,29	2	2,94	12,00	2,93	2,08	0,92	122	7,63	5,45	0,07	15,11	13,22	0,93	2,91	0,12
IIB-163	1	1	1	0	0	0	0,0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	3	3,0	0	0	0,0	0	0	0	0
IIB-164	6	8	16	0	0	0	0,00	3	18,75	0,00	1,86	0,00	0,89	34	5,67	2,53	0	5,33	6,37	0,81	2,00	0,31
IIB-165	9	11	70	3	27,3	6	8,57	4	5,71	1,50	1	1,10	0,59	56	6,2	2	0,37	2,70	3,67	0,63	1,32	0,56
IIB-166	4	4	4	2	50	2	50,00	1	25,00	2,00	1,39	0,69	1	28	7,00	2	0,25	4,00	0	0,75	2,00	0,25
IIB-167	17	19	115	10	52,6	76	66,09	1	0,87	76,00	2,31	2,3	0,78	120	7,06	3,79	0,15	6,52	6,48	0,85	1,77	0,30
IIB-168	15	18	95	6	33,33	58	61,05	11	11,58	5,27	2,40	1,79	0,83	108	7,20	3,73	0,12	8,05	6,58	0,88	1,85	0,21
IIB-169	25	34	159	12	35,3	43	27,04	46	28,93	0,93	2,78	2,48	0,79	181	7,24	6,51	0,12	8,48	13,26	0,88	2,70	0,29
IIB-170	5	6	8	2	33,3	3	37,50	1	12,50	3,00	1,73	0,7	0,97	33	6,6	2,40	0,19	5,33	10,91	0,81	2,12	0,25
IIB-171	8	10	23	4	40	11	47,83	3	13,04	3,67	2,12	1,39	0,92	54	6,75	2,87	0,14	7,05	6,73	0,86	2,09	0,26

Anexo 2. (Cont.) Base de datos con las métricas utilizadas para el desarrollo del IIB

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
IIB-172	9	9	19	4	44,44	4	21,05	7	36,84	0,57	1,86	1,39	0,85	67	7,44	2,72	0,21	4,81	6,69	0,79	2,07	0,37
IIB-173	10	12	13	2	16,67	2	15,38	1	7,69	2,00	2,46	0,69	0,99	70	7,00	4,29	0,09	11,27	75,95	0,91	3,33	0,15
IIB-174	19	25	71	12	48	48	67,61	3	4,23	16,00	2,94	2,48	0,91	151	7,95	5,63	0,07	14,70	13,74	0,93	2,97	0,14
IIB-175	19	25	382	12	48	152	39,79	9	2,36	16,89	1,72	2,48	0,53	152	8,00	4,04	0,32	3,11	6,00	0,68	1,28	0,49
IIB-176	24	31	83	12	38,71	41	49,40	1	1,20	41,00	2,90	2,48	0,84	178	7,42	6,79	0,09	11,42	17,95	0,91	3,40	0,17
IIB-177	9	9	136	1	11,11	1	0,74	86	63,24	0,01	1,15	0,00	0,52	29	3,22	1,63	0,45	2,24	2,17	0,55	0,77	0,63
IIB-178	11	14	63	7	50	33	52,38	10	15,87	3,30	2,12	1,95	0,80	80	7,27	3,14	0,16	6,43	5,58	0,84	1,76	0,25
IIB-179	15	18	83	7	38,89	55	66,27	9	10,84	6,11	2,30	1,95	0,80	107	7,13	3,85	0,15	6,62	7,08	0,85	1,98	0,31
IIB-180	13	17	118	7	41,18	54	45,76	9	7,63	6,00	2,47	1,95	0,87	99	7,62	3,35	0,10	9,77	5,45	0,90	1,57	0,18

Anexo 3. Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Guayllabamba

Cód_punto	Subcuenca	Microcuenca	Río	altitud	IIB	Condición biológica del río
IIB-001	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	700	34	Muy Buena
IIB-002	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada San Pedro	746	38	Muy Buena
IIB-003	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	632	26	Buena
IIB-004	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Magdalena	615	36	Muy Buena
IIB-005	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	632	40	Muy Buena
IIB-006	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Manduriacu Chico	665	40	Muy Buena
IIB-007	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Verde	694	40	Muy Buena
IIB-008	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada Cielo Verde	535	40	Muy Buena
IIB-009	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Huacayacu	496	40	Muy Buena
IIB-010	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Guayllabamba después del Manduriacu	456	38	Muy Buena
IIB-011	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Manduriacu Grande	464	40	Muy Buena
IIB-012	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Pachijal antes junta con Guayllabamba	504	40	Muy Buena
IIB-013	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Guayllabamba después de Pachijal	420	26	Buena
IIB-014	Guayllabamba	Chirapi	Río Gualtuyacu	496	36	Muy Buena
IIB-015	Guayllabamba	Alambi	Río Humachaca	1263	36	Muy Buena
IIB-016	Guayllabamba	Alambi	Río Tulambi	1242	36	Muy Buena
IIB-017	Guayllabamba	Alambi	Río Cariaco	1363	36	Muy Buena
IIB-018	Guayllabamba	Alambi	Río Pichan	2154	36	Muy Buena
IIB-019	Guayllabamba	Alambi	Río Las Pozas	1907	36	Muy Buena
IIB-020	Guayllabamba	Alambi	Río Pichan	1760	36	Muy Buena
IIB-021	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	1151	36	Muy Buena
IIB-022	Guayllabamba	Alambi	Río Pichan	3548	36	Muy Buena
IIB-023	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	40	Muy Buena
IIB-024	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2235	40	Muy Buena
IIB-025	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Santa Rosa	2108	40	Muy Buena
IIB-026	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	40	Muy Buena
IIB-027	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	40	Muy Buena
IIB-028	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2235	40	Muy Buena
IIB-029	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Santa Rosa	2108	40	Muy Buena
IIB-030	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	40	Muy Buena
IIB-031	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	36	Muy Buena
IIB-032	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2235	36	Muy Buena
IIB-033	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2150	36	Muy Buena
IIB-034	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Santa Rosa	2108	36	Muy Buena
IIB-035	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	36	Muy Buena
IIB-036	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	36	Muy Buena
IIB-037	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2235	36	Muy Buena
IIB-038	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2150	36	Muy Buena

Anexo 3. (Cont.) Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Guayllabamba

Cód_punto	Subcuenca	Microcuenca	Río	altitud	Índice de Integridad Biológica	Condición biológica del río
IIB-039	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Santa Rosa	2108	36	Muy Buena
IIB-040	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	36	Muy Buena
IIB-041	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	36	Muy Buena
IIB-042	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2235	36	Muy Buena
IIB-043	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2150	36	Muy Buena
IIB-044	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Santa Rosa	2108	36	Muy Buena
IIB-045	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	36	Muy Buena
IIB-046	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	36	Muy Buena
IIB-047	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2235	36	Muy Buena
IIB-048	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2150	36	Muy Buena
IIB-049	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Santa Rosa	2108	36	Muy Buena
IIB-050	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	36	Muy Buena
IIB-057	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guambi	2216	32	Buena
IIB-058	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guayllabamba	2033	32	Buena
IIB-059	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guambi	2216	34	Muy Buena
IIB-060	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guayllabamba	2033	34	Muy Buena
IIB-061	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guambi	2216	34	Muy Buena
IIB-062	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guayllabamba	2033	34	Muy Buena
IIB-063	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guambi	2216	34	Muy Buena
IIB-064	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada del río Guayllabamba	2033	34	Muy Buena
IIB-065	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Miraflores	2200	36	Muy Buena
IIB-066	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi antes	2235	36	Muy Buena
IIB-067	Guayllabamba	Alambi	Quebrada Sta. Rosa	2108	36	Muy Buena
IIB-068	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi después	2150	36	Muy Buena
IIB-069	Guayllabamba	Alambi	Río Mindo	1350	36	Muy Buena
IIB-070	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Chalguayacu	1401	36	Muy Buena
IIB-071	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Tatalá antes	866	36	Muy Buena
IIB-072	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Tatalá después	819	36	Muy Buena
IIB-073	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Talala	750	36	Muy Buena
IIB-074	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Talala	819	36	Muy Buena
IIB-075	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Cruce sobre el río del derecho de vía	832	36	Muy Buena
IIB-076	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Pachijal	620	32	Buena
IIB-077	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Talala	750	36	Muy Buena
IIB-078	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Talala	819	36	Muy Buena
IIB-079	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Pachijal	620	36	Muy Buena
IIB-080	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Talala	750	36	Muy Buena
IIB-081	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Talala	819	36	Muy Buena
IIB-082	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Pachijal	620	36	Muy Buena
IIB-083	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Chalguayacu	1400	36	Muy Buena

Anexo 3. (Cont.) Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Guayllabamba

Cód_punto	Subcuenca	Microcuenca	Río	altitud	Índice de Integridad Biológica	Condición biológica del río
IIB-084	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Chalguayacu	1400	36	Muy Buena
IIB-085	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Chalguayacu	1400	36	Muy Buena
IIB-090	Guayllabamba	Pita	Alpachaca grande	3401	30	Buena
IIB-091	Guayllabamba	Pita	Alpachaca chica	3450	24	Pobre
IIB-092	Guayllabamba	San Pedro	Quebrada Sambache	3052	32	Buena
IIB-093	Guayllabamba	San Pedro	Quebrada Sambache	2948	26	Buena
IIB-094	Guayllabamba	San Pedro	Quebrada Sambache	2915	30	Buena
IIB-095	Guayllabamba	San Pedro	Quebrada Sambache	3052	30	Buena
IIB-096	Guayllabamba	San Pedro	Quebrada Sambache	2948	32	Buena
IIB-097	Guayllabamba	San Pedro	Quebrada Sambache	2915	30	Buena
IIB-098	Guayllabamba	San Pedro	Río San Pedro	2616	24	Pobre
IIB-099	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río San Pedro	2415	18	Pobre
IIB-100	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río San Pedro	2272	14	Pobre
IIB-101	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Subcuenca Río Pita	2506	16	Pobre
IIB-102	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río El Salto	3076	36	Muy Buena
IIB-103	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Machángara	3087	16	Pobre
IIB-104	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Machángara	2815	20	Pobre
IIB-105	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Machángara	2804	18	Pobre
IIB-106	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Machángara	2768	18	Pobre
IIB-107	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Machángara	2749	20	Pobre
IIB-108	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Machángara	2674	20	Pobre
IIB-109	Guayllabamba	San Pedro	Río Machángara	2534	22	Pobre
IIB-110	Guayllabamba	San Pedro	Río Machángara	2365	16	Pobre
IIB-111	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada Ortega	3030	26	Buena
IIB-112	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada el Capulí	2954	16	Pobre
IIB-113	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada Shanshayacu	2929	16	Pobre
IIB-114	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Grande Solanda	2849	18	Pobre
IIB-115	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada El Batán	2537	16	Pobre
IIB-116	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Quebrada Ormaza	2708	16	Pobre
IIB-117	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Chiche	2326	14	Pobre
IIB-118	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	1952	16	Pobre
IIB-119	Guayllabamba	Guayllabamba medio	Río Guayllabamba	1850	14	Pobre
IIB-120	Guayllabamba	Guayllabamba medio	Río Guayllabamba	1534	14	Pobre
IIB-121	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Guambi	2378	26	Buena
IIB-122	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Uravía	2082	22	Pobre
IIB-123	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Coyago	1922	14	Pobre
IIB-124	Guayllabamba	Pisque	Pisque	1877	14	Pobre
IIB-125	Guayllabamba	Guayllabamba medio	Monjas	2356	14	Pobre
IIB-126	Guayllabamba	Guayllabamba medio	Río Pusuquí	2528	16	Pobre

Anexo 3. (Cont.) Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Guayllabamba

Cód_punto	Subcuenca	Microcuenca	Río	altitud	Índice de Integridad Biológica	Condición biológica del río
IIB-127	Guayllabamba	Pisque	Río Pisque	1993	28	Buena
IIB-128	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	1942	24	Pobre
IIB-129	Guayllabamba	Guayllabamba medio	Río Guayllabamba	1542	22	Pobre
IIB-130	Guayllabamba	Guayllabamba medio	Río Guayllabamba	904	28	Buena
IIB-131	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	650	32	Buena
IIB-132	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	349	26	Buena
IIB-133	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Guayllabamba	169	34	Muy Buena
IIB-134	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Alambi	1081	32	Buena
IIB-135	Guayllabamba	Guayllabamba alto	Río Pachijal	522	32	Buena
IIB-136	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2530	36	Muy Buena
IIB-137	Guayllabamba	Alambi	Estero Pequeño	1807	34	Muy Buena
IIB-138	Guayllabamba	Alambi	Río Pichan	3633	36	Muy Buena
IIB-139	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2530	36	Muy Buena
IIB-140	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	2458	36	Muy Buena
IIB-141	Guayllabamba	Alambi	La sierra	2463	36	Muy Buena
IIB-142	Guayllabamba	Alambi	Cementerio	1766	24	Pobre
IIB-143	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	1894	36	Muy Buena
IIB-144	Guayllabamba	Alambi	Estero 4	2378	36	Muy Buena
IIB-145	Guayllabamba	Alambi	Q1	2931	36	Muy Buena
IIB-146	Guayllabamba	Alambi	Río Verdecocha	2729	34	Muy Buena
IIB-147	Guayllabamba	Alambi	Río Verdecocha	2729	34	Muy Buena
IIB-148	Guayllabamba	Alambi	Río Yuyupi	1116	36	Muy Buena
IIB-149	Guayllabamba	Alambi	Río Pichan	2106	34	Muy Buena
IIB-150	Guayllabamba	Alambi	Río Verdecocha	2845	36	Muy Buena
IIB-151	Guayllabamba	Alambi	Río Peripe	1101	36	Muy Buena
IIB-152	Guayllabamba	Alambi	Río Tiniche	1581	32	Buena
IIB-153	Guayllabamba	Alambi	Río Tulipe	1573	36	Muy Buena
IIB-154	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	1200	36	Muy Buena
IIB-155	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	1000	36	Muy Buena
IIB-156	Guayllabamba	Alambi	Río Alambi	831	36	Muy Buena
IIB-157	Guayllabamba	Saguangal	Chirapi	1071	36	Muy Buena
IIB-158	Guayllabamba	Saguangal	Chirapi	1050	36	Muy Buena
IIB-159	Guayllabamba	Saguangal	Chirapi	587	36	Muy Buena
IIB-160	Guayllabamba	Pacto	Chirapi	1053	36	Muy Buena
IIB-161	Guayllabamba	Saguangal	Chirapi	615	36	Muy Buena
IIB-162	Guayllabamba	Pacto	Chirapi	1129	36	Muy Buena
IIB-163	Guayllabamba	Guayllabamba	Coyago	2200	12	Muy Pobre
IIB-164	Guayllabamba	Guayllabamba	Coyago	2174	26	Buena
IIB-165	Guayllabamba	Paradero	Guambi	3638	28	Buena

Anexo 3. (Cont.) Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Guayllabamba

Cód_punto	Subcuenca	Microcuenca	Río	altitud	Índice de Integridad Biológica	Condición biológica del río
IIB-166	Guayllabamba	Saguangal	Guayllabamba	612	22	Pobre
IIB-167	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	1023	36	Muy Buena
IIB-168	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	700	34	Muy Buena
IIB-169	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	1009	36	Muy Buena
IIB-170	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	569	26	Buena
IIB-171	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	548	30	Buena
IIB-172	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	541	32	Buena
IIB-173	Guayllabamba	Reserva Mashpi	Pachijal	517	30	Buena
IIB-174	Guayllabamba	Las tolas	Pachijal	1334	36	Muy Buena
IIB-175	Guayllabamba	Las tolas	Pachijal	1256	36	Muy Buena
IIB-176	Guayllabamba	Las tolas	Pachijal	1334	36	Muy Buena
IIB-177	Guayllabamba	Ilalo	San Pedro	2272	24	Pobre
IIB-178	Guayllabamba	Río Cambugan	Uravia	1740	34	Muy Buena
IIB-179	Guayllabamba	Río Cambugan	Uravia	1538	34	Muy Buena
IIB-180	Guayllabamba	Cambugan	Uravia	1695	34	Muy Buena

Anexo 4. Índice de Integridad Biótica para cada una de las estaciones analizadas en la subcuenca del río Blanco

Cód_punto	Subcuenca	Microcuenca	Río	altitud	Índice de Integridad Biológica	Condición biológica del río
IIB-051	Blanco	Blanco alto	Río Guajalito	1871	32	Buena
IIB-052	Blanco	Blanco alto	Río Guajalito	1893	30	Buena
IIB-053	Blanco	Blanco alto	Río Palmeras	1899	28	Buena
IIB-054	Blanco	Blanco alto	Río Palmeras	1892	28	Buena
IIB-055	Blanco	Blanco alto	Río Brincador	1924	36	Muy Buena
IIB-056	Blanco	Blanco alto	Río Brincador	1921	34	Muy Buena
IIB-086	Blanco	Blanco Medio	Río Silanche	137	36	Muy Buena
IIB-087	Blanco	Blanco Medio	Río Chamba	106	22	Pobre
IIB-088	Blanco	Blanco Medio	Río Blanco	99	36	Muy Buena
IIB-089	Blanco	Blanco Medio	Río Quinindé	78	36	Muy Buena

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Luis Vladimir Carvajal López, C.I.: 1709779837, autor de la Tesis de grado intitulada: “Gestión y conservación de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco: aplicación de un índice multimétrico basado en la información existente sobre Macroinvertebrados Acuáticos”, previa a la obtención del grado académico de MAGISTER EN BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN, en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales:

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar al SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 11 de julio de 2016

Lcdo. Luis Vladimir Carvajal López

C.I.: 1707330237