

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



“IMPORTANCIA DEL RIGOR TAXONÓMICO EN LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS CONTINENTALES, PARA LA ELABORACIÓN DE INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL PERÚ.”

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

BIÓLOGO

JAVIER ANDRÉS CAÑOTE OLIVER

Lima – Perú

2024

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

IMPORTANCIA DEL RIGOR TAXONÓMICO EN LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS CONTINENTALES, PARA LA ELABORACIÓN DE INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

5%

★ docplayer.es

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“IMPORTANCIA DEL RIGOR TAXONÓMICO EN LA
IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
CONTINENTALES, PARA LA ELABORACIÓN DE INSTRUMENTOS
DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL PERÚ.”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Presentado por:

JAVIER ANDRÉS CAÑOTE OLIVER

Sustentada y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. Diana Zulema Quinteros Carlos
PRESIDENTE

Dra. Marta Leonor del Rosario Williams de Castro
MIEMBRO

Ph.D. Patricia Liliana Gil Kodaka
MIEMBRO

Mg. Sc. Germán Antonio Arellano Cruz
ASESOR

DEDICATORIA

Esta monografía está dedicada a mi familia.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo y conclusión de esta investigación no hubiese sido posible sin la intervención directa o indirecta mediante muestras de apoyo y aliento de muchas personas e instituciones que me brindaron su incondicional apoyo, grandes compañeros y a la vez amigos.

Empiezo por el Laboratorio de Ecología de Artrópodos en la UNALM, ambiente académico en el cual desarrollé mi temprano interés en el vasto, diverso y asombroso universo de los invertebrados, en especial los insectos, adquiriendo las herramientas y técnicas necesarias para su investigación. Sin duda debo mencionar al profesor Germán Arellano quien dirige dicho laboratorio quien tuvo la consideración de aceptarme en los cursos de formación científica conocido por nosotros como las “Biologías Experimentales I-IV” así como el haberme reiterado su confianza en esta oportunidad al haber aceptado con entusiasmo el compromiso de ser mi asesor en la presente investigación, pese el haber yo dejado inconclusos algunos proyectos previos. Debo agradecerle con particular atención el haber hecho posible mi acercamiento a la División de Limnología de CORBIDI mediante la presentación con Eduardo Oyague, quien no solo es un guía permanente en mi preparación en el campo de la hidrobiología o mi mentor en el conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos sino además por participar activamente como co-asesor para el desarrollo y término de este proyecto, mi sincero agradecimiento por su invaluable tiempo, buena disposición y amistad. A aquellas personas cercanas como mis padres, tíos y mi compañera de vida Esther quienes han sido pieza clave para mantener el ritmo y buen ánimo en esta producción a pesar de los obstáculos. A mis amigos miembros y colaboradores de la división de Limnología de CORBIDI, Analucía, Gabriel, Eduardo, Israel, Gustavo, Al, Adrián, Richard, Helen, Sara, Lucía, Lizbeth, Cynthia y Sebastián quienes cooperaron con gran interés en diversos aspectos y etapas en la elaboración de la presente monografía. No quiero dejar de mencionar mi especial agradecimiento a mi tío Edgard quien no solo ha estado pendiente y atento en el proceso de obtener el título universitario, sino además de haber sido el principal artífice para hacer posible la culminación de mi formación universitaria.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Macroinvertebrados Bentónicos continentales (MIB)	6
2.1.1. Grupos representativos	6
2.1.2. Macroinvertebrados Bentónicos como bioindicadores	9
2.1.3. Colecta, procesamiento e identificación de muestras.....	9
2.2. Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs).....	11
2.3. Monitoreo Ambiental	12
2.4. Laboratorio acreditado	13
2.5. Resolución taxonómica	14
III. METODOLOGÍA.....	15
IV. RESULTADOS	17
4.1. Contexto laboral.....	17
4.2. Determinación y análisis del problema	18
4.2.1. Laboratorios comerciales.....	18
4.2.2. Instituciones especializadas	21
4.2.3. Comparación entre laboratorios comerciales e Instituciones especializadas	22
4.3. Proyecto de solución	25
4.4. Evaluación del proyecto	28
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
VII. ANEXOS.....	38
VIII. ASEGURAMIENTO	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resolución taxonómica alcanzada por los laboratorios comerciales en muestras de MIB en distintos proyectos	19
Tabla 2: Resolución taxonómica alcanzada por las Instituciones especializadas en muestras de MIB en distintos proyectos	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de laboratorios comerciales por número de proyectos	19
Figura 2. Tipo de estudios evaluados en los laboratorios comerciales	20
Figura 3. Resolución taxonómica promedio alcanzada por laboratorio comercial	20
Figura 4. Tipo de estudios evaluados en las instituciones especializadas.....	21
Figura 5. Resolución taxonómica promedio por Institución especializada.....	22
Figura 6. Resolución taxonómica promedio por Institución especializada.....	23
Figura 7. Regresiones lineales entre la cantidad de morfotipos totales y morfotipos identificados entre grupos de evaluación	24
Figura 8. Tendencia de los de laboratorio en la resolución taxonómica	25
Figura 9. Tendencia temporal en la resolución taxonómica.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Respuesta afirmativa sobre la Solicitud de acceso a la información pública del 26.01.2021(Expediente N°2021-E01-008592)	39
---	----

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal determinar y comparar el rigor taxonómico alcanzado en dos tipos de laboratorios, por un lado, los acreditados y por el otro los laboratorios de instituciones especializadas. Para ello se identificó y comparó los trabajos de identificación de muestras de macroinvertebrados bentónicos (MIB) tomando como fuente los resultados de análisis de laboratorio encontrados en los anexos de diversos Instrumentos de Gestión Ambiental, para lo cual se usó como indicativo el nivel de resolución taxonómica logrado por cada uno de los laboratorios. El Centro de Ornitología y Biodiversidad es una institución científica cuya división de Limnología lleva desde el 2011 desarrollando actividades para generar y transmitir conocimiento, así como el cultivar especialistas con conocimientos sólidos en su área de estudio.

Entre las principales actividades como división se dedican a identificar y valorar los impactos derivados de actividades productivas sobre ecosistemas acuáticos continentales, estudiar la hidrología e hidroquímica de los cuerpos de agua, la organización trófica, ecológica funcional de las comunidades hidrobiológicas y la taxonomía de organismos acuáticos. Entre sus aportes más significativos, se encuentran la generación de una colección científica de referencia en donde se distinguen a los diferentes organismos acuáticos continentales y la investigación aplicada a los ecosistemas en los que habitan y sus diversos componentes. A pesar de la amplia trayectoria que puedan demostrar las instituciones especializadas, las disposiciones emitidas por el Ministerio de la Producción – PRODUCE no las considera en el marco del Decreto Supremo N° 013-2020-PRODUCE para efectos de los análisis taxonómicos de muestras hidrobiológicas para poder ser presentados en estudios ambientales, disponiendo que las entidades encargadas de realizar el análisis de identificación taxonómica de muestras hidrobiológicas deberán estar acreditadas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) para ser aceptados en los informes de los Instrumentos de Gestión Ambiental; sin embargo, la acreditación de una institución no asegura que la identificación de estos organismos sea la adecuada en términos taxonómicos.

En el presente trabajo se determinó la resolución taxonómica aplicada solo a la Clase Insecta por contar con una mayor cantidad de claves taxonómicas disponibles en comparación de otros taxones que componen las muestras de MIB como los nematodos, anélidos, moluscos

u otros artrópodos como crustáceos y arácnidos de vida acuática. Para ello se seleccionaron 68 matrices de identificación taxonómica de diferentes IGAs (Instrumentos de Gestión Ambiental) y monitoreos biológicos. Las matrices fueron agrupadas en laboratorios comerciales e instituciones especializadas y se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para evidenciar diferencias significativas.

Los resultados obtenidos evidenciaron que las instituciones especializadas presentaron una mayor resolución taxonómica que los laboratorios comerciales. Esta diferencia podría deberse a factores propios de cada organización. Además, la diferencia de objetivos y metas en cada una de estas podría influir en los resultados y en consecuencia el nivel de precisión alcanzado en las determinaciones taxonómicas.

Palabras clave: Rigor taxonómico, macroinvertebrados bentónicos, nivel de resolución taxonómica, Instituto Nacional de Calidad, laboratorios comerciales, instituciones especializadas.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine and contrast the “taxonomic rigor” achieved in two types of laboratories, on one hand, accredited laboratories and in the other the laboratories from specialized institutions. Therefore, identification requests from samples of “benthic macroinvertebrates” (MIB) were identified and compared, taking as source the analysis results from laboratories found in the appendix of several Environmental Management Instruments, consequently the term “level of taxonomic resolution” was used as an indicative to the taxonomic level accomplished by each of the laboratories. The Center for Ornithology and Biodiversity is a scientific institution whose Limnology division has been developing activities since 2011 to generate and transmit scientific knowledge, as well as cultivate specialists with solid proficiency in their area of study.

Among the principal activities as division, many are focused to identify and assess the impacts derived from productive activities on continental aquatic ecosystems, studying the hydrology and hydrochemistry of water bodies, the trophic and functional ecological organization of hydrobiological communities and the taxonomy of aquatic organisms. One of the most significant contributions made by the division are the generation of a scientific reference collection where the different continental aquatic organisms are cataloged and the research applied to the ecosystems in which these organisms live with their various components. Despite the extensive experience that specialized institutions may demonstrate, the provisions issued by the Ministry of Production – PRODUCE are not considered within the framework of Supreme Decree No. 013-2020-PRODUCE for the purposes of taxonomic analysis of “hydrobiological samples” and their viability to be presented in environmental studies, stating that the entities in charge of carrying out the taxonomic identification analysis of hydrobiological samples must be accredited by the “National Quality Institute” (INACAL) to be accepted in the reports of the Environmental Management Instruments. However, the accreditation of an institution does not ensure that the identification of these organisms is appropriate in taxonomic terms.

In the present study, the taxonomic resolution was applied only to the Class Insecta due to having a greater number of taxonomic keys available compared to other taxa usually found in the MIB samples such as nematodes, annelids, mollusks or other arthropods like crustaceans and arachnids that live in aquatic environments. Subsequently, 68 taxonomic

identification matrices were selected from different IGAs (Environmental Management Instruments) and biological monitoring studies. The matrices were grouped under the category of “commercial laboratories” and “specialized institutions” and the non-parametric Wilcoxon test was applied to show significant differences.

The results obtained showed that specialized institutions presented a higher taxonomic resolution than commercial laboratories. This difference could be due to factors specific to each organization. Furthermore, the difference in objectives and goals in each of these may influence the results and consequently the level of precision achieved in the taxonomic determinations.

Keywords: Taxonomic rigor, benthic macroinvertebrates, level of taxonomic resolution, National Quality Institute, commercial laboratories, specialized institutions.

I. INTRODUCCIÓN

Los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs) están orientados a la ejecución de la política ambiental, sobre la base de los principios establecidos en la Ley General del Ambiente y sus normas complementarias y reglamentarias. Entre estos instrumentos se encuentran los Estudios Ambientales que deben ser aprobados antes de la ejecución de cualquier proyecto de explotación de recursos naturales (sea esta consuntiva o no) o proyectos de inversión en infraestructura. Dichos estudios evalúan los impactos ambientales potenciales asociados al proyecto, con el propósito de identificar medidas de mitigación razonables para minimizar aquellos impactos que sean identificados como adversos. Es por ello que la correcta caracterización del medio biológico es esencial para establecer las condiciones ambientales existentes en el medio y evaluar así los potenciales impactos sobre el área (OEFA, 2016).

La caracterización efectiva de las condiciones naturales basales (previas a la existencia de un impacto) de cualquier ecosistema, dependen de una serie de factores fundamentales, entre los que destacan: (i) un correcto conocimiento de los elementos ambientales que determinan la organización del ecosistema; (ii) la identificación de los servicios ecosistémicos que brinda; (iii) la caracterización apropiada de la comunidad biológica adaptada a dicho ecosistema; y (iv) la caracterización de los patrones de variabilidad espacial y temporal (estacionalidad p.ej.) que ocurren (Sutherland (ed.), 2006; Underwood, 1994). El segundo factor (caracterización apropiada de la comunidad biológica usuaria) es importante desde la perspectiva de la conservación de biodiversidad y como una herramienta útil para la identificación de bioindicadores de perturbación (Dufrene y Legendre, 1998). En este contexto, una de las principales motivaciones para la elaboración de la presente investigación fue conocer el grado de resolución taxonómica de las identificaciones realizadas para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos continentales en los Estudios Ambientales, particularmente Estudios de Impacto Ambiental detallados (EIAd), semidetallados (EIAsd) y monitoreos ambientales. De esta manera se busca evaluar el rigor taxonómico que brindan los laboratorios acreditados e instituciones especializadas. Los macroinvertebrados bentónicos son ampliamente utilizados para estudios de evaluación ecológica y programas

de monitoreo en ambientes lóticos y lénticos por una serie de características propias que los convierten en excelentes indicadores biológicos (Resh y Rosenberg, 2010). Es por ello que resulta importante que la determinación de especímenes se realice hasta un nivel de resolución taxonómica que cumpla con las obligaciones operativas y legislativas para la gestión y conservación de estos ambientes (Monk *et al.*, 2012).

El Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI) es una institución científica nacional depositaria de material biológico que fue fundada en el año 2006 con el fin de promover las ciencias naturales en el Perú. Esta institución presenta cinco divisiones independientes: Ornitología, Herpetología, Limnología, Mastozoología y Ecología vegetal. La división de Limnología fue creada en el año 2011 con el objetivo de generar información sobre aspectos importantes para la evaluación, gestión y conservación de ambientes acuáticos continentales. Los objetivos principales que busca cumplir esta división desde el inicio de sus actividades son:

- Identificar y valorar los impactos derivados de actividades productivas sobre ecosistemas acuáticos continentales.
- Estudiar la hidrología e hidroquímica de los cuerpos de agua continentales.
- Estudiar la organización trófica y la ecología funcional de las comunidades hidrobiológicas.
- El estudio de la taxonomía de organismos acuáticos.
- Generar una colección científica de diferentes grupos de organismos acuáticos continentales.

En la División de Limnología de CORBIDI me desempeñé como investigador principal en el grupo de macroinvertebrados bentónicos continentales (MIB). En esta institución trabajé en la constitución, ordenamiento y mantenimiento de la colección de macroinvertebrados bentónicos; así como el procesamiento e identificación de muestras de macroinvertebrados bentónicos procedentes de evaluaciones y monitoreos hidrobiológicos realizados en proyectos multisectoriales a nivel nacional. Asimismo, realicé consultorías especializadas para la evaluación hidrobiológica de Líneas Bases Biológicas de EIAs en los sectores de Energía y Minería, monitoreos biológicos, expediciones científicas y evaluaciones de caudal ecológico.

La aprobación de los “Lineamientos para la autorización de colecta de recursos hidrobiológicos para el levantamiento de línea de base de estudios ambientales e instrumentos de gestión ambiental complementarios o para monitoreos hidrobiológicos” en el marco del Decreto Supremo N° 013-2020-PRODUCE dispone que las entidades encargadas de realizar el análisis de las muestras hidrobiológicas deberán estar acreditadas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Sin embargo, esta disposición no considera el trabajo de identificación de estas muestras en instituciones especializadas (entre las que se encuentran instituciones científicas como CORBIDI o diversos laboratorios universitarios) según lo dispuesto en la “Guía para la Elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA” (Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM).

La disposición emitida por el Ministerio de la Producción – PRODUCE no considera la amplia trayectoria de las instituciones académicas en el desarrollo científico, incluso contraviene lo señalado en la guía “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton en aguas continentales del Perú” (MHN-UNMSM, 2014), la cual indica que el trabajo de identificación debe realizarlo personal especializado (formación acreditada y experiencia comprobada). Es precisamente de mi interés el evaluar las implicancias que conllevarían el análisis de las muestras de MIB en los laboratorios acreditados y en las Instituciones especializadas.

La presente investigación fue realizada en etapas secuenciales, las cuales buscaron abordar y comparar la resolución taxonómica alcanzada en el procesamiento de las muestras de MIB por los laboratorios de las Instituciones especializadas y los laboratorios acreditados. Primero se recopiló la información de MEIA, EIAsd, EIAd, Informes Técnicos Sustentatorios (ITS) y Monitoreos biológicos, aprobados para los sectores de Energía y Minería, que incluyeran la evaluación de MIB en los cuerpos de agua dentro del área de estudio de dichos proyectos.

Luego de la revisión de una base de datos de aproximadamente 400 estudios los cuales se encuentran disponibles en los portales públicos del Ministerio de Energía y Minas, el Servicio Nacional de Certificación Ambiental (SENACE) y direcciones regionales de Energía y Minas, se seleccionaron 68 en los cuales la información estaba completamente disponible (Tablas y Anexos Completos). En base a los datos de identificación de cada uno de esos 68 estudios, se evaluó la resolución taxonómica alcanzada en la comunidad de

macrobentos mediante el cálculo del porcentaje de organismos que fueron identificados con un nivel taxonómico inferior a Familia. Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos para los laboratorios acreditados y las instituciones especializadas. Finalmente, se analizaron los resultados de un mismo proyecto en el tiempo (Monitoreo biológico) con el fin de observar y comparar las variaciones en la resolución taxonómica alcanzada en la identificación de las muestras de MIB por estos dos grupos de laboratorios mencionados. Asimismo, se establecieron algunas recomendaciones para la correcta gestión e identificación de las muestras de MIB en los Estudios Ambientales y monitoreo.

La formación que recibe el alumno en la carrera de biología con orientación en ecología de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) le permite tener un conocimiento amplio y general tanto de los conceptos clásicos de biología, así como la adquisición de herramientas que permiten entender y gestionar los ecosistemas. Los cursos específicos en las áreas de la diversidad vegetal y animal logran acercar al alumno al terreno de la taxonomía, generando las bases para su posterior desarrollo en el grupo biológico de su interés. De igual forma, cursos obligatorios de biología experimental o cursos electivos como entomología y recursos hidrobiológicos permiten a los alumnos investigar en los diferentes laboratorios del campus. Estas herramientas contribuyeron a mi especialización en el campo de la taxonomía de macroinvertebrados bentónicos continentales.

Además de las habilidades y conocimientos obtenidos durante mi formación universitaria, he realizado cursos especializados fuera del país con el fin de presentar identificaciones de muestras de macroinvertebrados bentónicos con un alto nivel resolutivo en términos taxonómicos en la División de Limnología de CORBIDI.

El presente estudio tiene como objetivo principal el determinar el nivel de la resolución taxonómica alcanzada en los laboratorios acreditados y en las instituciones especializadas para las muestras de MIB correspondientes a los Estudios Ambientales. Entre los objetivos específicos se detallan:

- Identificar las principales diferencias en términos de resolución taxonómica de los MIB alcanzados por los laboratorios acreditados y las instituciones especializadas.
- Establecer recomendaciones para elevar nivel resolutivo en la identificación de macroinvertebrados bentónicos continentales.

La monografía finalmente evidenció que los laboratorios acreditados alcanzaron en promedio una menor resolución taxonómica en comparación con los laboratorios institutos especializados. Además, según lo dispuesto en la “Guía para la Elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA” (Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM) y la guía “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton en aguas continentales del Perú” (MHN-UNMSM, 2014), la identificación de las muestras de macrobentos debe ser realizada por instituciones con formación acreditada y experiencia comprobada y las instituciones especializadas, según los resultados, demostraron enmarcar y corresponder a estos requisitos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Macroinvertebrados Bentónicos continentales (MIB)

Los MIB son aquellos invertebrados que son visibles al ojo humano, cuyo tamaño es superior a los 500 μm (Figueroa *et al.*, 2003). Este grupo junto con los microinvertebrados forman el *zoobentos* que habitan los sustratos sumergidos de los sistemas acuáticos continentales (Durán *et al.*, 2007). Los macroinvertebrados representan uno de los grupos más importantes de consumidores en ríos en términos de biomasa y capacidad de procesamiento de recursos y representan también un grupo muy influyente en el litoral y fondos de lagos y humedales (Durán *et al.*, 2007).

2.1.1. Grupos representativos

Los MIB están constituidos principalmente por los artrópodos (Phylum Arthropoda). En los ambientes acuáticos continentales la clase Insecta (en especial los estados inmaduros) se encuentra mejor representada en términos de riqueza y abundancia en el ensamblaje de macroinvertebrados (Hanson *et al.* 2010; Durán *et al.*, 2007); además la literatura sobre su taxonomía es vasta (Munné *et al.*, 2009).

De acuerdo con el libro *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos* (Domínguez y Fernández, 2009), los individuos de la clase Insecta que desarrollan al menos una parte de su ciclo biológico en ambientes acuáticos se encuentran representados por 09 Órdenes y aproximadamente 140 Familias en la región de Sudamérica. Cabe indicar que a pesar de que este libro es un referente en la zona Neotropical en términos taxonómicos, es insuficiente al abordar grupos muy diversos como la familia Chironomidae (Orden Diptera). A continuación, se detallan brevemente estos 09 órdenes y se mencionan las familias más representativas que se conocen hasta la actualidad para el Perú.

- **Ephemeroptera:** También conocidos como moscas de mayo debido que en ese mes en el hemisferio norte se producen los vuelos nupciales o “efímeras” debido a la brevedad de su vida adulta llegando a vivir hasta unas pocas horas. En Perú se han reportado 64 especies pertenecientes a 35 géneros y ocho familias (Miñano, *et al.*, 2019): Baetidae,

- Leptophlebiidae, Leptohephidae, Polymitarcyidae, Oligoneuriidae, Euthyplociidae, Ephemeridae y Caenidae.
- **Odonata:** El nombre de este orden deriva del griego *odon* = diente y el cual alude a un gran desarrollo de las mandíbulas, tanto en los individuos adultos, así como en los estadios inmaduros, estas últimas de interés para el presente estudio debido a su hábitat acuático. Se les conoce también localmente como libélulas, alguaciles, caballitos del diablo o ‘helicópteros’ los cuales para la región sudamericana se encuentran agrupados en dos subórdenes: Anisoptera y Zygoptera los cuales para Perú contienen 03 y 10 familias respectivamente presentando a 481 especies (Juárez y González, 2017). Las familias registradas en Perú son: Aeshnidae, Gomphidae y Libellulidae las cuales pertenecen al suborden Anisoptera y las familias Calopterygidae, Coenagrionidae, Dicteriidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Perilestidae, Platystictidae, Polythoridae, Protoneuridae y Pseudostigmatidae representantes del suborden Zygoptera
- **Plecoptera:** Es un grupo relativamente pequeño, en Sudamérica se reconocen 6 familias, 47 géneros y aproximadamente 460 especies (Domínguez y Fernández, 2009). En Perú la diversidad se limita a 04 géneros contenidos en 02 familias (Gripopterygidae y Perlidae). el género *Caludioperla*, único representante de la familia Gripopterygidae en Perú.
- **Hemiptera:** Conocidos también como chinches de agua se ubican en el suborden Heteroptera, presentándose según sus hábitos en dos Infraórdenes: Gerromorpha los cuales son semiacuáticos viviendo sobre la película superficial del agua y los Nepomorpha aquellos de hábitos verdaderamente acuáticos. Para el territorio peruano han sido registrados aproximadamente 181 especies reunidos en 15 familias (Heckman, 2011) y distribuidos en los dos Infraórdenes de la siguiente manera: Las familias Gerridae, Veliidae, Hydrometridae, Hebridae y Mesoveliidae pertenecientes al infraorden Gerromorpha y las familias Corixidae, Nepidae, Belostomatidae, Gelastocoridae, Ochteridae, Notonectidae, Pleidae, Naucoridae, Potamocoridae y Saldidae.
- **Megaloptera:** Se le considera un Orden en donde todas sus especies pasan al menos uno de sus estados de su ciclo en el agua. Están considerados como un grupo pequeño que comprende a las familias Sialidae y Corydalidae, presentando para la región neotropical un registro de 73 especies y subespecies (Domínguez y Fernández, 2009). En Perú

podemos encontrar los géneros *Corydalus* y *Chloronia* pertenecientes a la familia Corydalidae.

- **Lepidoptera:** Este orden ha sido constantemente excluido de los estudios de entomología acuática pero recientemente han cobrado interés por las especies relacionadas a plantas acuáticas. La literatura que aborda a los lepidópteros acuáticos en Sudamérica es dispersa e incompleta (Domínguez y Fernández, 2009). Sin embargo, podemos mencionar a la sub Familia Nymphulinae perteneciente a la Familia Crambidae como el grupo que presenta el mayor número de especies verdaderamente acuáticas y de amplia distribución en Sudamérica por lo cual no es extraño encontrarlos en Perú.
- **Trichoptera:** Las larvas de este Orden son acuáticas los cuales viven en refugios fijos o transportables elaborados con seda. La diversidad es bastante amplia llegando a reportarse más de 1350 especies para América del Sur (Domínguez y Fernández, 2009). En Perú se han registrado 288 especies reunidas en 13 familias (Flint *et al.* 1999) presentadas a continuación: Anomalopsychidae, Atriplectididae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Odontoceridae, Philopotamidae, Polycentropodidae y Sericostomatidae.
- **Diptera:** El orden está representado para la región Neotropical por 29700 especies agrupados en 126 familias, sin embargo, Amorin *et al.* (2003) menciona que el número real de dípteros para esta región sea 10 veces más al que se conoce actualmente. Entre las familias con etapas acuáticas podemos mencionar las siguientes encontradas en Perú agrupadas en dos Subrdenes: Tipulidae, Blephariceridae, Psychodidae, Culicidae, Dixidae, Chaoboridae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Chironomidae pertenecientes al Suborden Nematocera y las familias Rhagionidae, Athericeridae, Tabanidae, Stratiomyidae, Dolichopodidae, Empididae, Sciomyzidae, Ephydriidae, Muscidae, Syrphidae, Pelecorhynchidae pertenecientes al Suborden Brachycera
- **Coleoptera:** Es el grupo más diverso de la clase Insecta incluyendo más de 387000 especies aproximadamente y 170 familias (Lawrence y Newton
- 1995, Beutel y Leschen 2005, Zhang 2011). Con respecto a los representantes acuáticos o riparios, la región Neotropical cuenta con 30 familias conteniendo a más de 12600 especies que en al menos una etapa de ciclo de vida se desarrolla en el agua (Huanachin y Huamantínco, 2018). Entre las familias con etapas acuáticas podemos mencionar las

siguientes encontradas en Perú: Agrupadas en el Suborden Adephaga encontramos a las Familias Gyrinidae, Noteridae y Dytiscidae, mientras que el Suborden Polyphaga agrupa a las Familias Hydrophilidae, Hydraenidae, Staphylinidae, Scirtidae, Elmidae, Dryopidae, Lutrochidae, Psephenidae, Ptilodactylidae y Lampyridae. Sin embargo, recientemente se tiene el primer reporte para Perú de la Familia Hydroscaphidae (Trujillo y Cañote, 2019) representante acuático del Suborden Myxophaga y la descripción de una nueva especie para la comunidad científica.

2.1.2. Macroinvertebrados Bentónicos como bioindicadores

Los organismos biológicos, al ser susceptibles ante las distintas presiones que experimentan los ecosistemas y debido a los diferentes grados de sensibilidad o tolerancia que posee cada grupo, hacen posible la generación de índices biológicos, que son la base de la formulación de herramientas para la valoración de la calidad del ecosistema (Durán *et al.*, 2007).

Las especies o grupos de especies bioindicadoras son todas aquellas que, ante la presencia de perturbaciones, generen respuestas que puedan ser analizables mediante un conjunto de técnicas conocidas como biomonitoreo y así determinar la salud o integridad de un ecosistema (Encalada *et al.*, 2011).

Dentro de las cualidades que deben poseer los indicadores biológicos, están la alta diversidad, la cual debe estar representada en diferentes taxones y con requerimientos ecológicos diferentes, los que a su vez deben estar relacionados con las características hidromorfológicas (velocidad del agua, sustrato), fisicoquímicas y biológicas del medio acuático (Roldán, 1999).

Debido que los MIB integran muchas de las cualidades previamente mencionadas, se les consideran útiles para la detección y seguimiento de perturbaciones fisicoquímicas, tales como eutrofización, contaminación orgánica y contaminación por metales pesados. Además, permiten la detección de presiones hidromorfológicas relacionadas con la alteración en la morfología del lecho fluvial, así como alteración del régimen del caudal y tasa de renovación (Durán *et al.*, 2007).

2.1.3. Colecta, procesamiento e identificación de muestras

Los métodos de colecta son variables para los ambientes lénticos (lagunas, lagos, bofedales, humedales) y lóticos (quebradas y ríos); sin embargo, a continuación, se describen los métodos de recolección cuantitativos más empleados en los Estudios Ambientales, los cuales

se encuentran validados por la guía “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú” (UNMSM-MHN, 2014).

- Red surber: Esta red se emplea en ambientes lóticos y consta de un marco metálico de 30 x 30 cm que está sujeta una red de unos 80 cm de longitud y con una abertura de malla de aproximadamente 500 μm . La red Surber se coloca en contra de la corriente y con las manos se remueve el material del fondo, quedando atrapados los organismos en la red. El área de muestreo de esta red es de 0,09 m².
- Draga Eckman: Es empleada en ambientes lénticos, particularmente en lagunas de fondo blando. Consiste de dos estructuras metálicas en forma de pala que se cierran mediante el envío de un mensajero (plomada). El área de muestreo es de 225 cm².

Las muestras colectadas son almacenadas en bolsas de polipropileno de alta densidad o en frascos de boca ancha de 500 mL. Asimismo, estas muestras se preservan en alcohol etílico al 70%. La cantidad utilizada del preservante debe ser la suficiente para que cubra toda la muestra en los frascos o bolsas, las cuales deben estar rotulados, etiquetados con datos de localidad, cuenca, fecha, tipo de sustrato y colector.

La identificación de macrobentos en los laboratorios acreditados siguió la norma SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10500 C. A continuación, se describe el procesamiento de las muestras e identificación:

- Las muestras son tamizadas con una serie de mallas de diferente diámetro (0,5 cm - 1,0 cm), las cuales retendrán materiales más grandes como hojas, palos, conchas y grava mientras permite que los organismos y materiales más pequeños pasen a través del tamiz inferior.
- El material tamizado es colocado en un recipiente y fijado en una solución de formalina al 10% o etanol al 70%. Los organismos con conchas calcáreas o exoesqueletos son fijados en etanol al 70%.
- Antes de identificar una muestra, transfiera la información de la etiqueta a una hoja de datos que proporcione espacio para los nombres científicos y el número de individuos.
- Examine la muestra completa y separe los organismos a menos que la muestra contenga grandes cantidades de organismos. Si se realiza el submuestreo, los organismos raros no deberán excluirse.

- A medida que se extraen los organismos de la muestra, se identifican con un microscopio estereoscópico y se separan en categorías taxonómicas. La identificación se realiza al nivel taxonómico más bajo para cumplir con los objetivos de calidad de los datos y se registran en la hoja de datos. Los individuos identificados son colocados en viales separados según la categoría y son fijados en formalina del 5 al 10% o etanol al 70%.
- Coloque dentro de los viales etiquetas que contengan el número de seguimiento de la muestra, la fecha de recolección, la ubicación de la muestra y los nombres de los organismos.

2.2. Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs)

En el inciso 16.1 del artículo 16 de la Ley General del Ambiente se indica que: *“Los instrumentos de gestión ambiental son mecanismos orientados a la ejecución de la política ambiental, sobre la base de los principios establecidos en la presente Ley, y en lo señalado en sus normas complementarias y reglamentarias”*.

De acuerdo con la OEFA (2016), los IGAs en el Perú son diversos; no obstante, la presente monografía se desarrollará entorno a los Estudios Ambientales (EA), como los Estudio De Impacto Ambiental semidetallados (EIA-sd), el Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d), y los Instrumentos De Gestión Ambiental Transversales como el Informe Técnico Sustentatorio (ITS). A continuación, se detallan cada uno estos IGAs de acuerdo con las definiciones de la OEFA (2016).

- Estudio De Impacto Ambiental semidetallado (EIA-sd):
- Instrumento de gestión ambiental que se desarrolla para proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales moderados y cuyos efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medidas fácilmente aplicables.
- En el sector Minería se debe incluir la información que se consigne como términos de referencia comunes para la categoría II, aprobados mediante resolución ministerial del Ministerio de Energía y Minas. Asimismo, la aprobación del estudio ambiental certifica la viabilidad ambiental del proyecto de exploración minera, pero no autoriza a realizar actividades de desarrollo minero o de extracción de los minerales contenidos en el yacimiento con fines comerciales.
- Estudio De Impacto Ambiental Detallado (EIA-d):

- Instrumento de gestión ambiental para proyectos cuyas características, envergadura y/o localización pueden producir impactos ambientales negativos significativos, cuantitativa o cualitativamente.
- Modificación de estudios ambientales:
 - De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 284-2016-MINAM, la modificación del Estudio Ambiental aprobado aplica en caso se prevea impactos ambientales negativos significativos como consecuencia de la modificación, ampliación o diversificación de un proyecto.
 - Asimismo, la modificación, ampliación o diversificación de un proyecto, incluyendo la sustitución de equipos o cambio de procesos de la actividad u otros de características similares, que por su magnitud, alcance o circunstancias, implique nuevos o mayores impactos ambientales negativos significativos a los identificados en el Estudio Ambiental aprobado, están sujetos a evaluación ambiental por parte de la Autoridad Competente.
- Informe Técnico Sustentatorio (ITS):
 - El ITS se realiza en los casos en que sea necesario modificar componentes auxiliares o hacer ampliaciones en proyectos de inversión con certificación ambiental aprobada que tengan impacto ambiental no significativo, o se pretendan hacer mejoras tecnológicas en las operaciones (Artículo 4° del Decreto Supremo N° 054-2013-PCM).

2.3. Monitoreo Ambiental

El monitoreo ambiental es una herramienta, que permite dar seguimiento a las actividades de los proyectos implementados, así como la identificación del impacto de éstas, con el objeto de tomar acciones correctivas o mitigantes orientadas al uso racional de los recursos naturales como la conservación y protección del ambiente, conllevando a la continuación de las actividades humanas que garantice a las futuras generaciones la calidad de vida apropiada para su desarrollo (Hernández *et al.*, 2019).

En consecuencia, el monitoreo ambiental es un instrumento para medir cambios en las variables ambientales (biológicas y físicas) asociadas a la ejecución de una actividad; además verifica que las medidas de mitigación propuestas sean cumplidas a través de los procesos de seguimientos y fiscalización ambiental. En caso, de detectarse desviaciones en

relación a lo planificado, debe proponerse las acciones pertinentes para ajustarlo a los parámetros o estándares establecidos (MINAM, 2015; Hernández *et al.*, 2019).

2.4. Laboratorio acreditado

Antes del 01 de abril del 2014, el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi) asumía los servicios de Metrología, Acreditación y Normalización. Actualmente, la acreditación de la competencia técnica de una organización es otorgada por la dirección de acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). La certificación es una declaración de una parte independiente en la que se afirma que un servicio cumple con requisitos especificados en un documento normativo.

En la Resolución Directoral N° 005-2015-INACAL/DA se aprueba la Directriz para la Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración; DA-acr-06D para los Laboratorios de Ensayo bajo la NTP-ISO/IEC 17025. El laboratorio debe considerar como fuentes para identificar los requisitos de las instalaciones y condiciones ambientales los métodos de ensayo y/o procedimientos de calibración, los manuales de los equipos, los certificados de calibración de los equipos, requerimientos de las muestras o instrumentos a calibrar, entre otros.

De acuerdo con la NTP ISO/IEC 17025:2006, la acreditación se otorga con relación a:

- Métodos de ensayo: Métodos de ensayos normalizados y vigentes. El alcance de los métodos de ensayo se restringe a los productos para los cuales el método fue elaborado. Para productos no comprendidos en el alcance del método de ensayo, este debe ser validado.
- Ubicación o realización de los ensayos: Los ensayos se podrán realizar en Instalaciones permanentes, móviles, temporales y en campo. En las instalaciones permanentes, los ensayos se ejecutan en laboratorios de ubicación fija, con el equipamiento necesario y las condiciones adecuadas; mientras que, en las instalaciones móviles, los ensayos se ejecutan en laboratorios montados a bordo de unidades móviles o transportables, con el equipamiento necesario y las condiciones adecuadas. En el caso de las Instalaciones temporales, los ensayos se ejecutan en lugares especialmente ambientados por un determinado período de tiempo, con el equipamiento necesario y las condiciones adecuadas. En campo los ensayos se ejecutan en el lugar donde se toma la muestra.

2.5. Resolución taxonómica

La resolución taxonómica o el nivel taxonómico máximo alcanzado para la identificación de los organismos del macrobentos dependen del propósito del estudio. La identificación a un nivel de especie generalmente es propuesta en estudios fisiológicos, toxicológicos, dinámicas poblacionales, estudios de biodiversidad o para propósitos de conservación de especies; mientras que para las evaluaciones ecológicas y estudios de bioindicación se emplean una resolución taxonómica más gruesa como las categorías taxonómicas género y familia (Bailey, 2001; Trigal-Domínguez, 2010).

Las evaluaciones basadas en la identificación a nivel de especies o géneros permiten detectar impactos y permiten evaluar la alteración del hábitat acuático y como consecuencia la afectación a la calidad del agua y a las comunidades acuáticas. Por el contrario, las determinaciones realizadas a niveles taxonómicos más altos, como Familia, inducen una pérdida considerable de información y dan lugar a interpretaciones peligrosas de los valores de los índices bióticos (Guerold, 2000; Chessman *et al.*, 2007).

El empleo de un nivel mayor de resolución taxonómica (Familia) en estudios de evaluación ecológica, incluso EIAs, se debe a las dificultades logísticas, los costos y el tiempo involucrados en las identificaciones a un nivel más fino (Género o Especie). Sin embargo, las identificaciones de género proporcionan más información en familias con mayor riqueza como Chironomidae. El género o niveles más precisos de identificación son importantes para investigar la historia natural, la ecología de las quebradas, la biodiversidad y las especies indicadoras (Waite *et al.*, 2004).

Los cambios ambientales identificados a un nivel menor de resolución taxonómica pueden ser importantes para detectar cambios en la estructura del ecosistema a una escala menor. Estos indicadores pueden servir en los monitoreos biológicos como sistemas de alerta temprana por lo que se recomienda la identificación a nivel de especies para tener un panorama general al momento de la toma de decisiones (Monk *et al.*, 2012). Asimismo, para fines de evaluación y conservación, se recomienda que la identificación taxonómica sea a nivel de género e incluso de especie, especialmente cuando se trata de grupos taxonómicamente diversos como Chironomidae y Coleoptera (Trigal-Domínguez, 2010).

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente monografía, se recopiló la información de MEIA, EIAsd, Informes Técnicos Sustentatorios (ITS) y Monitoreos biológicos aprobados para los sectores de Energía y Minería. Estos estudios fueron obtenidos de la extranet del MINEM (<http://extranet.minem.gob.pe/>) y mediante una solicitud de información al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Anexo 1).

En total se recopilaron 400 estudios y se seleccionaron solo aquellos que incluyeran la evaluación de MIB en los cuerpos de agua dentro del área de estudio de dichos proyectos y contaran con los análisis de laboratorio en los anexos de resultados de muestras hidrobiológicas. En total se recopilaron 68 estudios. En cada una de las estaciones de evaluación hidrobiológica presentadas en las matrices de identificación taxonómica de estos proyectos se calculó la resolución taxonómica empleando la siguiente fórmula:

$$RT = \frac{N^{\circ} \text{ morfotipos inferiores al nivel de Familia de la clase Insecta}}{N^{\circ} \text{ total de morfotipos total de la clase Insecta}} \times 100$$

Para la RT (Resolución Taxonómica) solo se identificaron los morfotipos que fueron determinados a un nivel inferior al de Familia (Subfamilia y género) y solo se consideraron morfotipos pertenecientes a la clase Insecta por ser la clase con mayor información bibliográfica.

Por otra parte, para el cálculo de la resolución taxonómica por proyecto, se realizó la sumatoria de los RT de cada estación del proyecto dividida por el número total de estaciones que existen en el proyecto. A continuación, se describe la fórmula

$$\sum_i^n \frac{RT_i}{n}$$

Donde: i = Estación de monitoreo i

 n = Número total de estaciones del proyecto

Luego se separaron los estudios que se realizaron en laboratorios acreditados e instituciones especializadas y se comprobó el supuesto de normalidad con la prueba Shapiro-Wilk. Al demostrarse que los datos no presentaron distribuciones normales se procedió a comparar los resultados con una prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Para evidenciar las tendencias y relaciones entre la cantidad de morfotipos totales y los morfotipos identificados se realizó un análisis de regresión lineal de los estudios con las identificaciones realizadas por laboratorios comerciales y por instituciones especializadas. Después se compararon líneas de tendencia de cada regresión incluyendo un escenario ideal donde todos los morfotipos determinados llegaron a una resolución taxonómica inferior a Familia.

Para esta etapa se seleccionaron 27 matrices de identificación para cada grupo (laboratorios acreditados e instituciones especializadas). Tanto para el análisis de regresión lineal y como para la determinación de las líneas de tendencia los conteos se realizaron con el total de morfotipos de la matriz de cada estudio sin hacer una distinción entre estaciones.

IV RESULTADOS

4.1. Contexto laboral

El Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI) es una institución científica sin fines de lucro cuya principal actividad es la generación de conocimiento a través de la investigación en diferentes disciplinas biológicas. Las áreas de interés son el medio ambiente y la conservación biológica, para lo cual presenta diversas líneas de investigación divididas en cinco divisiones: Ornitología, Herpetología, Limnología, Mastozoología y Ecología vegetal.

La división de Limnología fue creada en el año 2011 con el objetivo de generar información sobre aspectos importantes para la evaluación, gestión y conservación de ambientes acuáticos continentales, y cuya misión es la de generar conocimiento útil para la conservación de la funcionalidad y la provisión de servicios ambientales desde diversos tipos de hábitats acuáticos continentales, los cuales tienen una importancia fundamental para la conservación tanto de la biodiversidad, como del estilo de vida y el bienestar de las comunidades humanas cercanas. A continuación, se detallan los objetivos de la división de Limnología:

- Identificar y valorar los impactos derivados de actividades productivas sobre ecosistemas acuáticos continentales.
- Estudiar la hidrología e hidroquímica de los cuerpos de agua continentales.
- Estudiar la organización trófica y la ecología funcional de las comunidades hidrobiológicas.
- El estudio de la taxonomía de organismos acuáticos.
- Generar una colección científica de diferentes grupos de organismos acuáticos continentales.

La división de Limnología de CORBIDI cuenta con tres líneas de investigación en ambientes acuáticos continentales: comunidades planctónicas, macroinvertebrados bentónicos y peces.

Actualmente, me desempeño como investigador principal en el grupo de macroinvertebrados bentónicos continentales (MIB). Entre sus competencias, la División de Limnología brinda servicios de identificación taxonómica de muestras hidrobiológicas a consultoras e instituciones. Además, se realiza el depósito de los especímenes correctamente identificados los cuales son insumos para la colección científica de la institución, asegurando que esta información esté correctamente registrada para su posterior uso en diversos estudios adicionales e investigaciones científicas.

4.2. Determinación y análisis del problema

En el 2020 se aprobaron los “Lineamientos para la autorización de colecta de recursos hidrobiológicos para el levantamiento de línea de base de estudios ambientales e instrumentos de gestión ambiental complementarios o para monitoreos hidrobiológicos” en el marco del Decreto Supremo N° 013-2020-PRODUCE dispone que las entidades encargadas de realizar el análisis de las muestras hidrobiológicas deberán estar acreditadas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y no considera a las instituciones especializadas como CORBIDI y laboratorios universitarios. En este contexto, realicé un estudio exploratorio de las instituciones especializadas y laboratorios comerciales que realizan identificaciones taxonómicas de macroinvertebrados bentónicos continentales con el fin de presentar las implicancias que conllevarían esta última norma aprobada.

Se recopilaron aproximadamente 400 estudios del sector Minería entre los años 2006 y 2019, de los cuales solo fueron seleccionados aquellos estudios que presentaron resultados de identificación de macrobentos en sus Anexos. En total se seleccionaron 68 IGAs, los cuales fueron divididos entre laboratorios comerciales (40 IGAs) e Instituciones especializadas (28 IGAs). En el Anexo 1 se detalla la cantidad de IGAs seleccionados, así como el año de evaluación, la procedencia y el número de estaciones.

4.2.1. Laboratorios comerciales

Este grupo estuvo conformado por 12 laboratorios comerciales, los cuales presentaron 40 matrices de identificación taxonómica. La composición de consultoras por número de proyectos se presenta en el Gráfico 1; mientras que la resolución taxonómica alcanzada por proyecto se presenta en la Tabla 1. El laboratorio J. RAMON DEL PERU S.A.C registró el mayor número de proyectos (11) evaluados; mientras que en el resto de laboratorios varió entre uno y cinco.

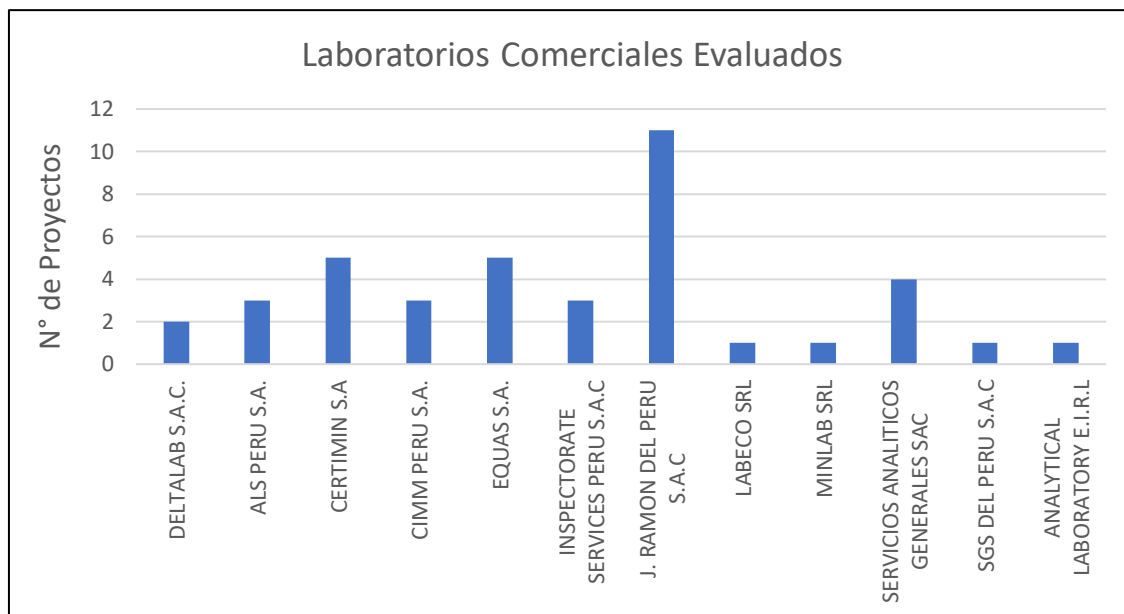


Figura 1. Composición de laboratorios comerciales por número de proyectos

Tabla 1: Resolución taxonómica alcanzada por los laboratorios comerciales en muestras de MIB en distintos proyectos

N°	Tipo de Estudio	Unidad Minera	Año	Laboratorio	Resolución Taxonómica (%)
1	Mod. EIA	CATALINA HUANCA	2015	DELTALAB S.A.C	3.33
2	Mod. EIA	CATALINA HUANCA	2014	DELTALAB S.A.C	4.5
3	Mod. EIA-sd	PUKAQAQA	2011	ALS PERU S.A.C	0
4	ITS	SUYCKUTAMBO	2011	ALS PERU S.A.C	0
5	ITS	SAN CRISTOBAL (CAYLLOMA)	2016	ALS PERU S.A.C	50.7
6	ITS	UCHUCCHACUA	2016 (T.Húmeda)	CERTIMIN S.A	25
7	ITS	UCHUCCHACUA	2016 (T.Seca)	CERTIMIN S.A	0
8	ITS	UCHUCCHACUA	2016 (T.Seca)	CERTIMIN S.A	0
9	EIA	PACHAPAQUI	2013 (T. Secca)	CERTIMIN S.A	0
10	EIA	PACHAPAQUI	2012 (T. Húmeda)	CERTIMIN S.A	0
11	Mod. EIA-sd	INMACULADA	2012 (T. Húmeda)	CIMM PERU S.A.	0
12	EIA-sd	SANTA ROSA	2010	CIMM PERU S.A.	0
13	EIA-sd	CRISTO DE LOS ANDES	2011	CIMM PERU S.A.	0
14	EIA-sd	PRINCESA 2	2011	EQUAS S.A.	0
15	EIA-sd	VIENTO	2011	EQUAS S.A.	12.5
16	EIA-sd	ACOMA	2012	EQUAS S.A.	50
17	Mod. EIA	QUICAY	2015	EQUAS S.A.	0
18	ITS	ANAMA	2016	EQUAS S.A.	0
19	EIA-sd	CHAPI CHAPI	2011	INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C	55
20	EIA-sd	JAPEROIDE 1	2011	INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C	8.33
21	Mod.EIA	VINCHOS	2014	INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C	0
22	ITS	MOROCOCHA (UEA MANUELITA Y ANTICONA)	2016	J. RAMON DEL PERU S.A.C	40
23	ITS	SELENE EXPLORADOR	2015 (T.Húmeda)	J. RAMON DEL PERU S.A.C	80
24	ITS	SELENE EXPLORADOR	2015 (T.Seca)	J. RAMON DEL PERU S.A.C	100
25	EIA-sd	TUMIPAMPA	2011	J. RAMON DEL PERU S.A.C	100
26	ITS	RAURA	2015 (T. Húmeda)	J. RAMON DEL PERU S.A.C	26.67
27	ITS	LA ZANJA	2015	J. RAMON DEL PERU S.A.C	82.61
28	ITS	TANTAHUATAY	2015	J. RAMON DEL PERU S.A.C	72.73
29	ITS	ANAMA 2	2015	J. RAMON DEL PERU S.A.C	1
30	EIA-sd	ANTINA	2013	J. RAMON DEL PERU S.A.C	88.27
31	EIA-sd	PALMA	2012	J. RAMON DEL PERU S.A.C	100
32	EIA-sd	ANUBIA	2011	J. RAMON DEL PERU S.A.C	100
33	EIA-sd	CAHUIÑA	2013	LABECO SRL	100
34	Mod. EIA-sd	RACAYCOCHA	2011	MINLAB SRL	52.78
35	Mod. EIA-sd	COLQUIPUCRO	2012	SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC	8.33
36	ITS	EL PORVENIR	2015	SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC	71.11
37	ITS	UM MAGISTRAL	2014	SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC	5
38	EIA-sd	PARIGUANAS	2011	SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC	78.95
39	ITS	SAN ANDRES	2015	SGS DEL PERU S.A.C	100
40	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2019	ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L	47.38

La composición de los laboratorios comerciales analizados en base a los tipos de proyectos evaluados puede observarse en el Gráfico 2. El 40% de los IGAs correspondieron a ITS;

mientras que el 32% y 20% a MEIA y EIA-sd, respectivamente. Finalmente, los menores aportes fueron atribuidos a los planes de Monitoreo Biológico y EIA.

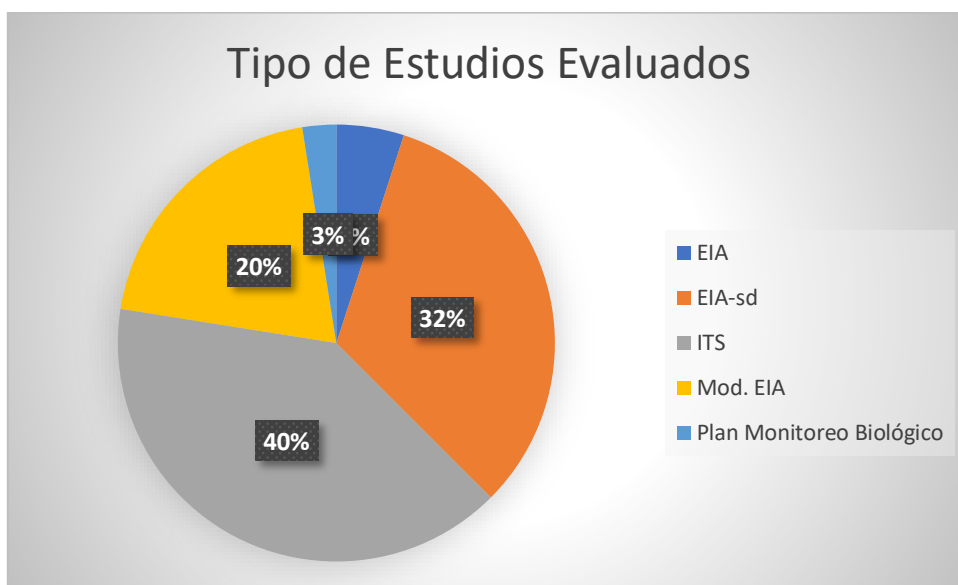


Figura 2. Tipo de estudios evaluados en los laboratorios comerciales

La resolución taxonómica calculada para cada uno de los 40 proyectos fue promediada por cada laboratorio comercial con el fin de comparar diferentes números de proyectos entre diferentes laboratorios comerciales (Gráfico 3). La resolución taxonómica entre laboratorios fue variable, con valores promedio entre 0% y 100%. Los laboratorios LABECO SRL y SGS DEL PERU SAC y J. RAMON DEL PERU SAC alcanzaron los mayores valores, con porcentajes superiores al 81%. Por el contrario, los laboratorios CIMM PERU S.A., DELTALAB S.A.C y CERTIMIN S.A reportaron los menores valores (< 5%).

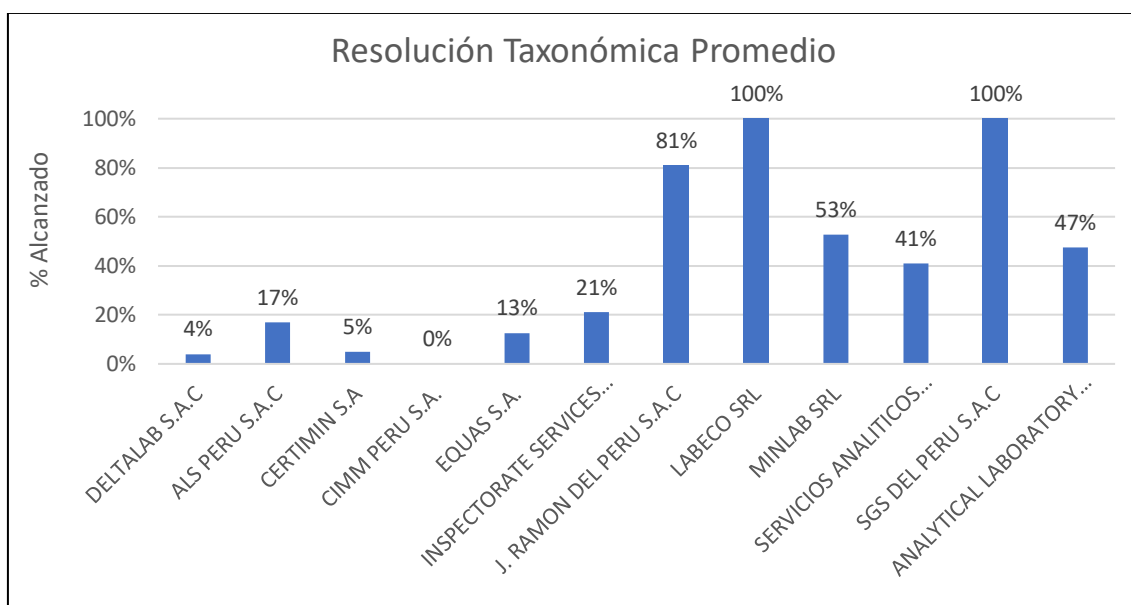


Figura 3. Resolución taxonómica promedio alcanzada por laboratorio comercial

4.2.2. Instituciones especializadas

En este grupo se identificaron tres Instituciones: el Museo de Historia Natural de San Marcos (MHN San Marcos), el Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI) y el Museo de Entomología Klaus Raven de la Universidad Nacional Agraria la Molina, los cuales en conjunto presentaron 28 matrices de identificación taxonómica (Anexo 3). Estas dos primeras instituciones presentaron la mayor cantidad de IGAs (13); mientras que el Museo de Entomología Klaus Raven de la Universidad Nacional Agraria la Molina solo presentó dos matrices de identificación.

La composición de las instituciones especializadas por tipo de IGAs se muestra en el Gráfico 4, así mismo en la Tabla 2 se presenta la resolución taxonómica alcanzada por las Instituciones especializadas en distintos proyectos. Los planes de monitoreo y los ITS presentaron mayores porcentajes, con 36% y 29% respectivamente. Cabe indicar que la mayor cantidad de planes de monitoreo fueron atribuidos solo a dos proyectos desarrollados de manera continua.

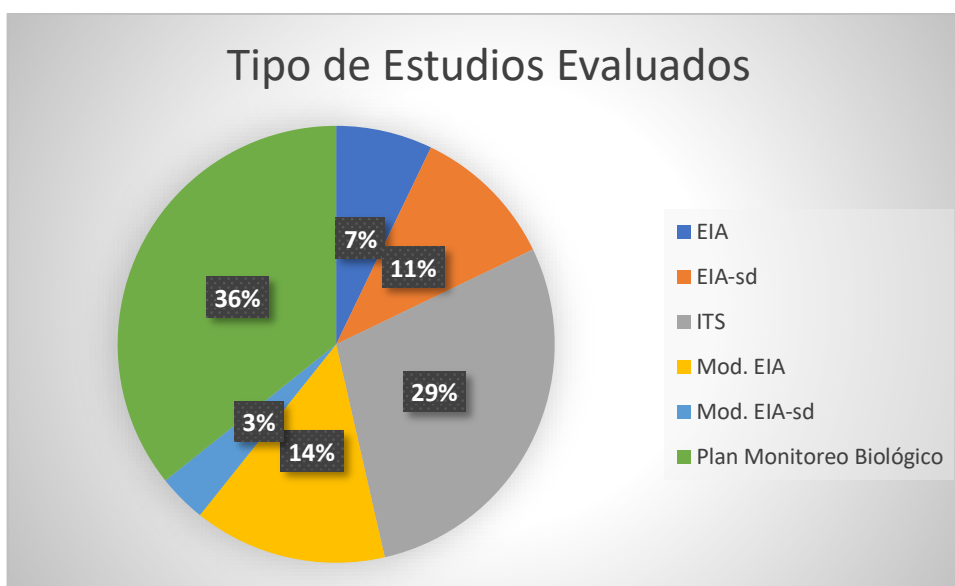


Figura 4. Tipo de estudios evaluados en las instituciones especializadas

Tabla 2: Resolución taxonómica alcanzada por las Instituciones especializadas en muestras de MIB en distintos proyectos

N°	Tipo de Estudio	Unidad Minera/Hidrocarburos	AÑO	Laboratorio	RESOLUCIÓN TAXONÓMICA (%)
1	ITS	ARCATA	2017	MHN San Marcos	100.00
2	Mod. EIA	AUSTRIA DUVAZ	2014(Seca)	MHN San Marcos	0.00
3	ITS	UTUNSA	2010 (T. Seca)	MHN San Marcos	100.00
4	ITS	UTUNSA	2010 (T. Húmeda)	MHN San Marcos	100.00
5	EIA-sd	YUMPAG	2011	MHN San Marcos	57.38
6	Mod. EIA	LA ARENA	2015	MHN San Marcos	77.50
7	EIA-sd	MANTARO	2011 (T. Seca)	MHN San Marcos	87.50
8	EIA-sd	MANTARO	2012 (T. Húmeda)	MHN San Marcos	86.66
9	Mod. EIA	MARTA	2013	MHN San Marcos	30.65
10	Mod. EIA-sd	TUMIPAMPA	2013	MHN San Marcos	63.19
11	ITS	JULCANI	2014 (T. Húmeda)	MHN San Marcos	77.08
12	ITS	JULCANI	2014 (Seca)	MHN San Marcos	31.40
13	Mod. EIA	ISCAYCRUZ	2016	MHN San Marcos	50.00
14	EIA	TOROMOCHO	2006 (Lenticos)	M.E Klaus Raven	100.00
15	EIA	TOROMOCHO	2006 (Loticos)	M.E Klaus Raven	98.03
16	Plan Monitoreo Biológico	TGP-COGA (Costa-Sierra)	2016	CORBIDI	97.10
17	Plan Monitoreo Biológico	TGP-COGA (Selva)	2016	CORBIDI	94.47
18	Plan Monitoreo Biológico	TGP-COGA (Costa-Sierra)	2017	CORBIDI	95.44
19	Plan Monitoreo Biológico	TGP-COGA (Selva)	2017	CORBIDI	94.19
20	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2013 (T.S)	CORBIDI	94.09
21	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2014 (T.S)	CORBIDI	95.39
22	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2015 (T.S)	CORBIDI	97.53
23	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2016 (T.S)	CORBIDI	90.82
24	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2017 (T.S)	CORBIDI	91.29
25	Plan Monitoreo Biológico	Quellaveco (Área de Operaciones)	2018 (T.S)	CORBIDI	86.19
26	ITS	PALLANCATA	2009	CORBIDI	87.48
27	ITS	TOROMOCHO	2015(Húmeda)	CORBIDI	87.10
28	ITS	TOROMOCHO	2015(Seca)	CORBIDI	73.81

La resolución taxonómica promedio evidenció porcentajes similares entre las instituciones CORBIDI y el Museo de Entomología Klaus Raven de la Universidad Nacional Agraria la Molina (> 91%); por otra parte, el Museo de Historia Natural de San Marcos registró una resolución taxonómica de 66% (Gráfico 5).

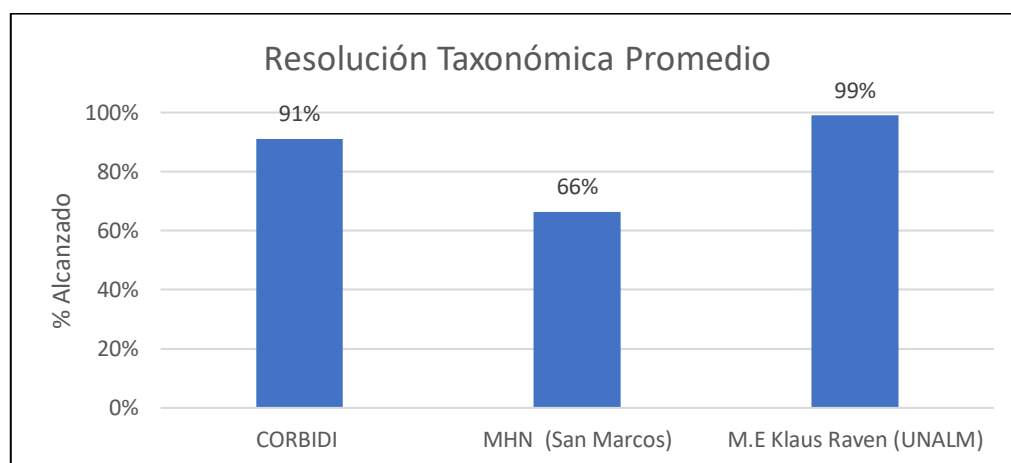


Figura 5. Resolución taxonómica promedio por Institución especializada

4.2.3. Comparación entre laboratorios comerciales e Instituciones especializadas

Los resultados obtenidos en los ítems anteriores evidenciaron diferencias entre los laboratorios comerciales y las Instituciones especializadas. La prueba de normalidad aplicada a las resoluciones taxonómicas obtenidas para cada uno de los proyectos indicó que ambos grupos no se distribuyen normalmente (Test de Shapiro–Wilk, $p < 0,05$ para ambos

grupos). La distribución de los valores de la resolución taxonómica se muestra en el Gráfico 6 mediante un diagrama de cajas o boxplot. En ambos grupos, los rangos de los valores varían de 0 a 100; sin embargo, en los laboratorios comerciales se observa una mayor dispersión de los datos debido a la mayor cantidad de IGAs evaluados en comparación con las Instituciones científicas. Por otra parte, la media y la mediana presentaron mayores valores en el grupo de Instituciones especializadas; es decir, los laboratorios comerciales presentaron una menor resolución taxonómica que las Instituciones especializadas.

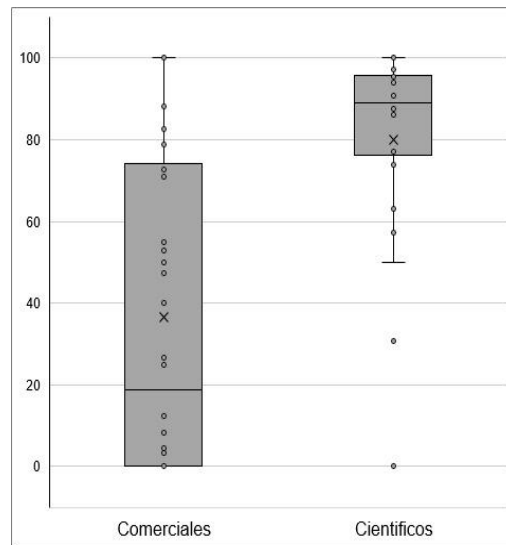


Figura 6. Resolución taxonómica promedio por Institución especializada

Debido a que ambos grupos no se ajustaron a una distribución normal, se realizó la prueba estadística no paramétrica Wilcoxon para evidenciar diferencias significativas. A un p-valor inferior a 0,05 ($W= 246$), los resultados evidenciaron que la resolución taxonómica obtenidas para las muestras de macrobentos en las instituciones especializadas es superior a los laboratorios comerciales.

Además, con el fin de mostrar las tendencias y las relaciones entre la cantidad de morfotipos totales y los morfotipos identificados a un nivel inferior de familia (subfamilia o género) se realizó un análisis de regresión lineal entre los laboratorios comerciales y las Instituciones especializadas por lo que se seleccionaron 27 matrices de identificación para cada una (Gráfico 7).

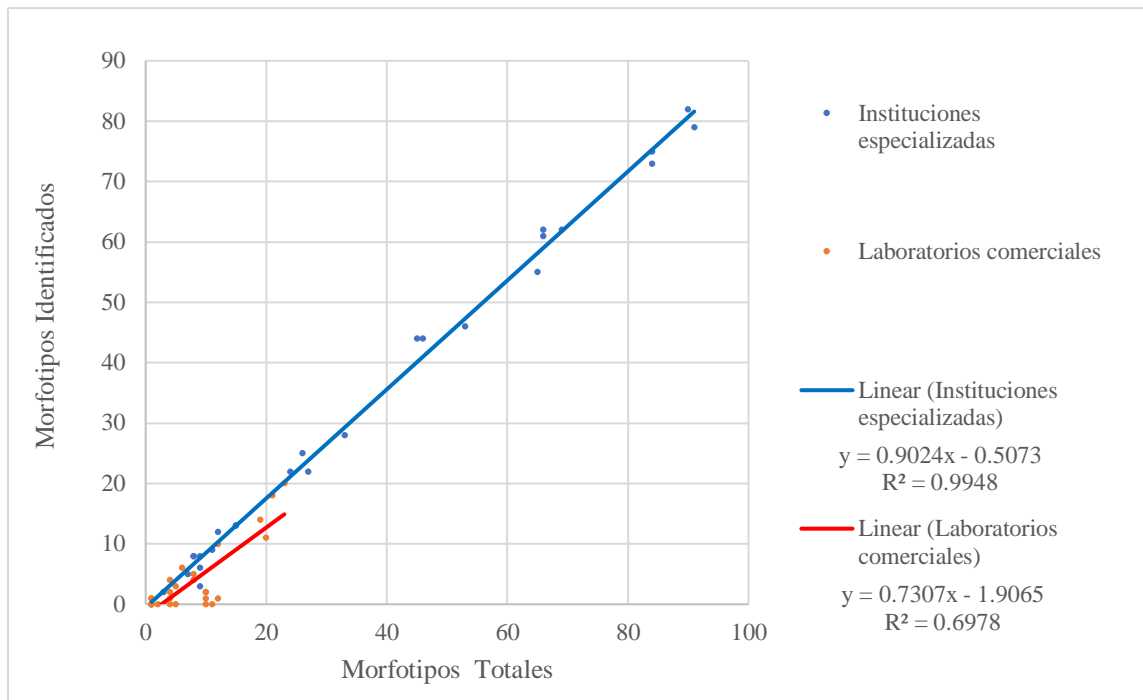


Figura 7. Regresiones lineales entre la cantidad de morfotipos totales y morfotipos identificados entre grupos de evaluación

Las Instituciones especializadas presentaron una mayor cantidad de morfotipos totales e identificados; es decir, se evidenció una mayor riqueza en comparación con los laboratorios comerciales, alcanzando a registrar hasta 91 morfotipos totales. Por otra parte, los laboratorios comerciales presentaron una mayor cantidad de estudios con bajas cantidades de morfotipos totales e identificados. Estos últimos resultados podrían explicar el bajo valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0,69$) en los laboratorios comerciales.

Analizando las ecuaciones de las rectas desarrolladas en el Grafico 8 obtenemos que la que la pendiente que corresponde al desempeño de los laboratorios de instituciones científicas es de 0,9024, mientras que la recta correspondiente a los laboratorios comerciales es de 0,7307, dicha diferencia se podrá visualizar y entender mejor en el Grafico 8.

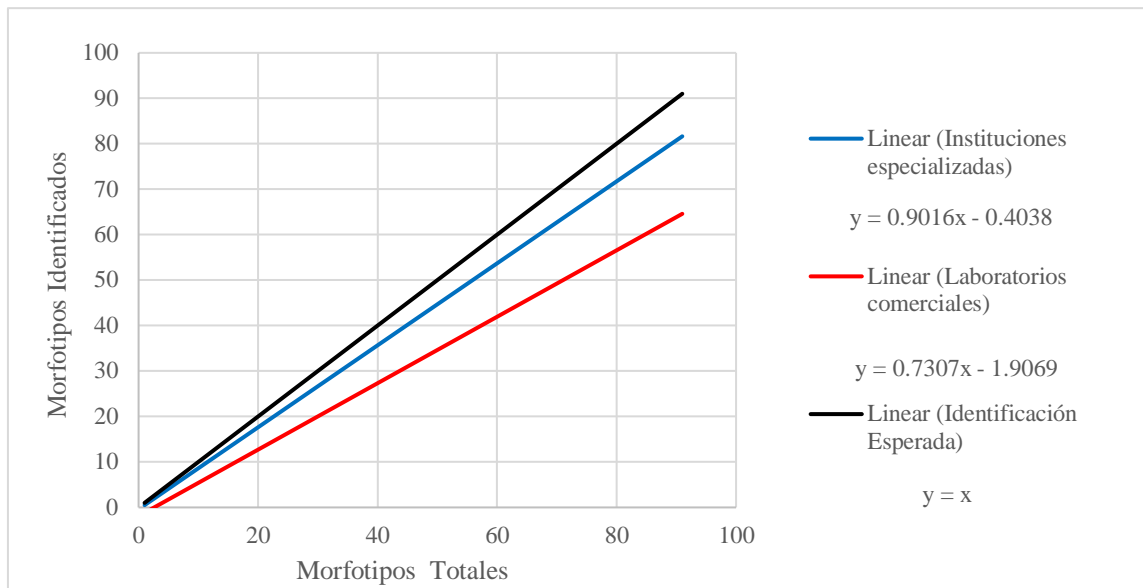


Figura 8. Tendencia de los de laboratorio en la resolución taxonómica

Al proyectar todas las rectas se observa que tienen un comportamiento similar entre ellas. Además, se graficó la recta $y=x$ con fines demostrativos, la cual representa una identificación taxonómica ideal, es decir donde todos los morfotipos encontrados en la muestra fueron identificados con una resolución taxonómica más específica que el de Familia (Sub. Familia y Género) en las matrices.

Analizando las tres ecuaciones presentadas en el Gráfico 8 con sus respectivas representaciones gráficas, observamos que la recta correspondiente a los datos provenientes del trabajo de los laboratorios de instituciones científicas, se acerca más a la gráfica de la recta que proviene de una identificación taxonómica esperada. Al analizar las pendientes de las rectas podemos deducir que mientras ésta se acerque más a la unidad, la tendencia de ese laboratorio será tener en promedio resoluciones taxonómicas más altas.

4.3. Proyecto de solución

Los resultados obtenidos en la sección anterior evidenciaron que las instituciones especializadas presentan una resolución taxonómica más fina que los laboratorios comerciales. Es decir, no solamente están determinando con una mayor resolución taxonómica las muestras de MIB lo cual se traduce a una mayor precisión, sino además de estar reportando una mayor cantidad de morfoespecies. Este hecho permite que se esté representando de mejor manera la realidad del ecosistema de los lugares en que se están realizando muestreos para la elaboración de diferentes IGAs, situación que no están logrando los laboratorios comerciales

Además, estos resultados son respaldados por lo dispuesto en “Guía para la Elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA” (Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM) y la guía “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton en aguas continentales del Perú” (MHN-UNMSM, 2014), donde se indica que la identificación de las muestras de macrobentos debe ser realizada por instituciones y especialistas con formación acreditada y experiencia comprobada.

Si bien la presente investigación evidencia una mejor resolución taxonómica en las identificaciones de los laboratorios especializados, se plantea el análisis de una mayor data histórica empleada en la elaboración de distintos IGAs. Asimismo, esta investigación debe ser complementada con un trabajo riguroso de muestreos en campo, el cual abarque distintas zonas de vida de nuestro territorio y ejecutar un diseño de contra-muestras a enviar a los diversos laboratorios disponible, sean éstos con fines comerciales o científico-académicos. Este diseño permitirá hacer comparaciones espacio-temporales precisas de la realidad actual del desempeño taxonómico de los distintos laboratorios en el procesamiento e identificación de los MIB en el país.

Por otra parte, la estandarización de procedimientos y el establecimiento de adecuados protocolos en todas las etapas de la evaluación del macrobentos (etapa de campo, gabinete e identificación) permitirán una correcta descripción del medio acuático en los estudios ambientales y la caracterización de las comunidades macrobentónicas en los principales hábitats.

En este contexto se plantea que las entidades nacionales desarrollen guías para la identificación de organismos en ambientes acuáticos continentales. Estas guías o lineamientos deberán desarrollar los siguientes puntos:

- Evaluación y gestión de la calidad de las operaciones de campo y laboratorio
- Certificación de especialistas para la identificación de macroinvertebrados bentónicos.
- El nivel de resolución taxonómica por grupo.
- Colecciones de referencia.
- Métodos de submuestreo.

Asimismo, los especialistas con amplia experiencia en la taxonomía de estos grupos y las instituciones científicas como universidades y centros de investigación deberán estar

involucrados en el desarrollo de las guías. De esta manera, los laboratorios comerciales podrán elevar el nivel de identificación de las muestras de macrobentos: mientras que, se incluirá la participación de los laboratorios de instituciones especializadas.

Finalmente, es importante indicar que la bibliografía en términos taxonómicos de los grupos de macrobentos en el Neotrópico es limitada por lo que se deberá realizar una revisión de las claves taxonómicas de los principales grupos de la comunidad Insecta, los cuales se listan a continuación:

- Insectos acuáticos de Narcis Prat y colaboradores (2011-2012) los cuales están enfocados al área altoandina de Perú y Ecuador.
- El libro *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (Hamada *et al.*, 2014), en el cual describe aproximadamente 181 morfotipos agrupados en 92 géneros y 5 subfamilias de Chironomidae de la extensa región amazónica.
- Los insectos representantes de la Familia Dytiscidae (Coleoptera) de la subfamilia Adephaga, llamados también escarabajos buceadores de vida permanentemente acuática (excepto el estadio pupal), presentan la mayor riqueza entre los coleópteros acuáticos en la región sudamericana, por lo que requieren de guías taxonómicas especializadas tanto para los estadios inmaduros como adultos. Es por ello que para atender las dudas en cuanto a la correcta identificación de los géneros de este grupo, es necesario acudir a los trabajos de Mariano Michat y colaboradores publicaron en los años 2008 y 2011 en los que se describen los estadios inmaduros y adultos respectivamente.
- Los hidrófilidos (Coleoptera) de la Subfamilia Polyphaga son el grupo mejor representado (169 géneros) a nivel mundial, teniendo la región neotropical la mayor concentración de estos (Hamada *et al.*, 2018). La alta diversidad mencionada y revisiones más actuales que las descritas en la publicación de Domínguez y Fernández (2009) hace indispensable recurrir al capítulo 15.4 Family Hydrophilidae (Clarkson *et al.*, 2018), incluido en el libro Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (Fourth Edition) (Hamada *et al.*, 2018). En dicha publicación se describen las claves taxonómicas para la correcta identificación de 34 y 26 géneros en estadio adulto y larvario respectivamente.
- La revisión de publicaciones específicas de Melissa Ottoboni (2011) y Felipe Barbosa (2013) y sus colaboradores son necesarias para las determinaciones taxonómicas de la Familia Elmidae en los estadios larval y adulto respectivamente. La Familia Elmidae, escarabajos acuáticos cuya taxonomía es considerada la cuarta más engañosa (Jäch y

Balke 2008) y a la vez diversa, presentando en América del Sur más de 250 especies agrupados en 39 géneros (Manzo 2005; Manzo y Archangelsky 2008; Maier y Spangler 2011) y distribuidos en dos subfamilias (Elminae y Larinae).

- Para los Órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera cuya taxonomía de los estados inmaduros de los dos primeros grupos debe ser atendida especialmente debido a su alta diversidad y complejidad, se aconseja la revisión del trabajo de Domínguez y colaboradores (2006) en el libro Ephemeroptera of South América (2006) donde además de detallarse las claves taxonómicas es posible acceder a la diagnosis de los géneros presentados. Con la finalidad de mantener información actualizada de los Ephemeroptera, Domínguez recomienda la revisión periódica de la web Ephemeroptera Galáctica en el curso “Diversidad y Bionomía de Insectos Acuáticos” impartido en la Universidad de Buenos Aires – Argentina (2015) (Conv. Pers.). Así mismo para una correcta identificación de géneros sudamericanos de estadios inmaduros del Orden Trichoptera se recomienda la utilización de las claves taxonómicas del capítulo 10 “Order Trichoptera” trabajo de Ana Maria Pes y colaboradores dentro del libro Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition) (Hamada *et al.*, 2018).

4.4. Evaluación del proyecto

La presente monografía se realizó con base en un diagnóstico de las matrices de identificación en los distintos IGAs desde el 2006 hasta el 2019. Es así que la consecución de las estrategias descritas en el ítem anterior se realizará con base en el monitoreo de un mismo proyecto en el tiempo con el fin de observar las variaciones en la identificación de diferentes entidades.

La institución especializada CORBIDI (División de Limnología) realizó la identificación taxonómica de muestras hidrobiológicas para el proyecto minero Quellaveco entre los años 2013 y 2018; mientras que en el 2019 el laboratorio comercial Analytical Laboratory EIRL: ALAB realizó dicha identificación de muestras. En el Gráfico 9 se presentan la cantidad de órdenes, familias y géneros identificados por año de monitoreo. El total (Tx+Indet) representa el número total de taxones identificados (Tx) y además incluye los grupos que no fueron determinados (Indet). Por otra parte, el Total Tx corresponde únicamente a los taxones identificados al nivel especificado.

El gráfico evidenció que la evaluación desarrollada por Corbidi (2013-2018) presentó valores casi similares entre las curvas Total y Total Tx; es decir, los niveles taxonómicos Orden, Familia y Género presentaron pocos morfotipos que no pudieron ser identificados. Por el contrario, en el laboratorio comercial se evidenció que el nivel Género presentó tendencias diferentes, incluso el Total Tx presentó la mitad del valor Total (Tx +Indet).

Las estrategias desarrolladas en el ítem 7.3 fueron basados en los procedimientos internos de CORBIDI, los cuales han sido implementados y mejorados desde el 2011. La división de Limnología de CORBIDI cuenta con especialistas con amplia experiencia en la identificación de macrobentos, y acreditados con cursos en el extranjero sobre los principales grupos taxonómicos. Además, mantienen colecciones de referencia y emplean métodos de submuestreo validados. En este sentido, los objetivos propuestos fueron validados indirectamente con los resultados de la Gráfica 9, evidenciando una mejor resolución taxonómica con las estrategias planteadas en la sección anterior.

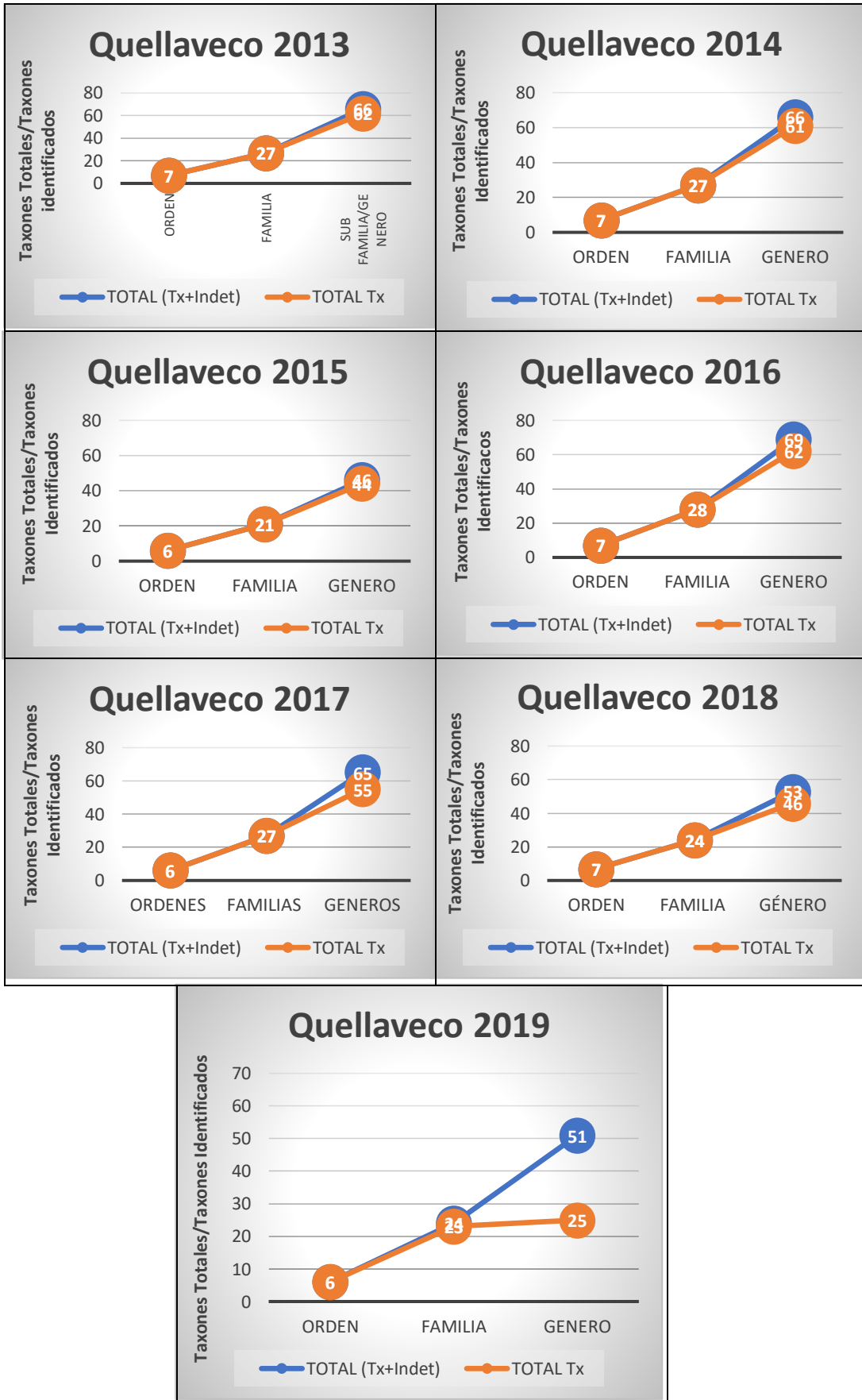


Figura 9. Tendencia temporal en la resolución taxonómica

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos evidenciaron que las instituciones especializadas presentaron una mayor resolución taxonómica que los laboratorios comerciales. Esta diferencia podría deberse a factores intrínsecos dentro de cada organización. Por ejemplo, en las Instituciones especializadas, el objetivo principal en muchos casos es el publicar nueva información especializada por lo que es necesario un adecuado procesamiento y posterior determinación taxonómica. Asimismo, en estas instituciones, los investigadores asociados poseen un mayor grado de interés en un grupo taxonómico en particular, facilitando el diálogo multidisciplinario en el proceso de identificación.

Por otra parte, los laboratorios comerciales buscan cumplir con entregar los resultados en tiempos establecidos y asegurando las normas de calidad dentro del laboratorio, más no la calidad en términos de taxonómicos para las muestras de macrobentos, contraviniendo el nivel de resolución taxonómica. Todos estos aspectos previamente mencionados se ven reflejados en las tablas y gráficas presentados en la sección anterior.

Debido que los resultados de la presente investigación exploratoria, sugieren que el nivel de la resolución taxonómica en los trabajos realizados por los laboratorios comerciales se encuentra por debajo del nivel promedio al que se podría alcanzar, se recomienda la creación de un comité de especialistas en MIB. Este comité tendría la responsabilidad en primera instancia determinar la resolución mínima que se deba alcanzar en los principales grupos de MIB, la cual irá aumentando su exigencia conforme se haga disponible nueva información científica relevante en la especialidad.

A partir de los resultados aquí presentados se hace necesario dirigirse a la autoridad y plantear estas recomendaciones debido que las recientes normativas están restringiendo un potencial trabajo por una serie de indicadores de calidad que no son necesariamente aplicables a trabajos taxonómicos, como sí lo son por ejemplo los análisis de ensayos de calidad de agua, donde es necesario el uso de un instrumento el cual debe estar calibrado para su certificación.

Los resultados producto de dichas revisiones y su oportuna difusión a la comunidad científica y a las autoridades pertinentes, permitirán en última instancia mejorar el nivel con el que se han venido realizando las determinaciones taxonómicas de las muestras de MIB. Esto permitirá que las tomas de decisión con respecto a los ecosistemas acuáticos bajo el área de influencia del proyecto sean de mayor acierto y precisión con miras a un manejo adecuado o la posible conservación de los mismos.

Es por ello que la investigación presentada generará impactos positivos en sectores académicos, sociales y económicos siempre que las autoridades estatales con injerencia en el sector ambiental como el Ministerio de la Producción, una vez revisen los resultados y recomendaciones plasmadas en la presente monografía, puedan reconsiderar sus recientes normativas acerca de los requisitos que deben cumplir las instituciones o laboratorios que realicen las determinaciones de macrobentos.

Finalmente, la formación recibida en la carrera de biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) brinda un panorama introductorio a la taxonomía. Los cursos obligatorios de biología experimental o cursos electivos como entomología y recursos hidrobiológicos permiten un acercamiento a los ecosistemas acuáticos continentales. Asimismo, estas herramientas contribuyeron a mi especialización en el campo de la taxonomía de macroinvertebrados bentónicos continentales, campo en el que actualmente me especializo; sin embargo, es necesario que dentro de la malla curricular se describa los procesos ecológicos en ecosistemas acuáticos continentales, así como la taxonomía de las principales comunidades acuáticas (plancton, macrobentos y peces).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, D. D. S., Silva, V. C., Balbi, M. I. P. A., Costa, C., Vanin, S. A., Lobo, J. M., & Melic, A. (2002). Estado do conhecimento dos Diptera neotropicais. Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática, *PRIBES*, 2, 29-36.
- Bailey, R. C., Norris, R. H., & Reynoldson, T. B. (2001). Taxonomic resolution of benthic macroinvertebrate communities in bioassessments. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(2), 280-286.
- Barbosa, F. F., Fernandes, A. S., & Oliveira, L. G. (2013). Taxonomic key for the genera of Elmidae (Coleoptera, Byrrhoidea) occurring in Goiás state, Brazil, including new records and distributional notes. *Revista Brasileira de Entomologia*, 57(2), 149-156.
- Beutel, R. G., & Leschen, R. A. (Eds.). (2016). *Coleoptera, Beetles. Morphology and Systematics*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Chessman, B., Williams, S., & Besley, C. (2007). Bioassessment of streams with macroinvertebrates: effect of sampled habitat and taxonomic resolution. *Journal of the North American Benthological Society*, 26(3), 546-565.
- Clarkson, B., & Almeida, L. M. (2018). On Brazilian Helobata Bergroth, 1888 (Coleoptera: Hydrophilidae) II: new distribution data. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 58.
- Domínguez, E. (2006). *Ephemeroptera of south America* (Vol. 2). Pensoft Publishers.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos . *Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina*, 656.
- D. S. N° 054-2013-PCM. (2013). Que aprueban disposiciones especiales para ejecución de procedimientos administrativos. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-disposiciones-especiales-para-ejecucion-de-procedim-decreto-supremo-n-054-2013-pcm-937946-1/>

- D. S. N° 013-2020-PRODUCE. (2019) Que aprueba lineamientos para la autorización de colecta de recursos hidrobiológicos para el levantamiento de línea de base de estudios ambientales e instrumentos de gestión ambiental complementarios o para monitoreos hidrobiológicos previstos en dichos documentos. *Diario Oficial El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-lineamientos-para-la-autorizacio-decreto-supremo-n-013-2020-produce-1874804-2/>
- Durán, C., & Pardos, M. (2007). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Ministerio de Medio Ambiente.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.
- Encalada, A., M. Rieradevall, B. Ríos-Touma & N. Prat. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA). *USFQ, UB, AECID, FONAG*, 83 p.
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(2), 275-285.
- Flint Jr, O. S., Holzenthal, R. W., & Harris, S. C. (1999). Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera) Ohio Biological Survey. Columbus, Ohio. 239p.
- Guerold, F. (2000). Influence of taxonomic determination level on several community indices. *Water Research*, 34(2), 487-492.
- Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. (2014). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: Editora do INPA, 2014.
- Hamada, N., Thorp, J. H., & Rogers, D. C. (Eds.). (2018). *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Volume 3: Keys to Neotropical Hexapoda*. Academic Press.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Heckman, C. W. (2011). Encyclopedia of South American aquatic insects: Hemiptera-Heteroptera: Illustrated keys to known families, genera, and species in South America. Springer Science & Business Media.

- Hernández, Y., López, D., & Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. *Revista espacios*, 40(3), 17-25.
- Huanachin Quispe, A. C., & Huamantincó Araujo, A. A. (2018). Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) a lo largo de un gradiente altitudinal, Cusco, Perú. *Revista peruana de biología*, 25(2), 131-140.
- Jäch, M. A., & Balke, M. (2008). Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 419-442.
- Juárez, G. & González, U. (2017). Contribución al conocimiento de los Odonata (Insecta) de la Región Piura, Perú. *Archivos Entomológicos*, (17), 21-26.
- Lawrence, J. F. (1995). Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group name). *Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera*, 2, 779-1006.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.
- Maier, C. A., & Spangler, P. J. (2011). *Hypsilara royi* gen. n. and sp. n. (Coleoptera, Elmidae, Larinae) from Southern Venezuela, with a revised key to Larinae of the Western Hemisphere. *ZooKeys*, (116), 25.
- Manzo, V. (2005). Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(3), 201-208.
- Manzo, V., & Archangelsky, M. (2008). A key to the known larvae of South American Elmidae (Coleoptera: Byrrhoidea), with a description of the mature larva of *Macrelmis saltensis* Manzo. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 44, No. 1, pp. 63-74). EDP Sciences.
- MINAM, R. (2015). Manual para la evaluación del estudio de impacto ambiental detallado en minería.
- Miñano, P., Olaya, M., & Huamantincó, A. A. (2019). Clave taxonómica de ninfas de Ephemeroptera (Insecta) del sudeste de Perú. *Revista peruana de biología*, 26(4), 411-428.

- Monk, W. A., Wood, P. J., Hannah, D. M., Extence, C. A., Chadd, R. P., & Dunbar, M. J. (2012). How does macroinvertebrate taxonomic resolution influence ecohydrological relationships in riverine ecosystems. *Ecohydrology*, 5(1), 36-45.
- Moreno, C. E. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad* (No. Sirsi) i9789688345436). Universidad Veracruzana.
- Munné, A., & Prat, N. (2009). Use of macroinvertebrate-based multimetric indices for water quality evaluation in Spanish Mediterranean rivers: an intercalibration approach with the IBMWP index. *Hydrobiologia*, 628(1), 203-225.
- OEFA. (2016). La vinculación y la retroalimentación entre la certificación y la fiscalización ambiental.
- Pérez, G. R. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Academia Colombiana de Ciencia*, 23(88), 375-387.
- R. D. N° 005-2015-INACAL/DN. (2015). Que aprueba las directrices para la estimación y expresión de la incertidumbre de la medición. *Diario Oficial El Peruano*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/518893/223972269076481381220200207-6209-3b86ux.pdf>
- Resh, V. H., & Rosenberg, D. M. (2010). Recent trends in life-history research on benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 207-219.
- R. M. N° 284-2016-MINAM. (2016). Que dispone la publicación de la propuesta “Disposiciones para la Actualización y Modificación de Estudios Ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)” en el portal web del Ministerio del Ambiente. *Diario Oficial El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/disponen-la-publicacion-de-la-propuesta-disposiciones-para-resolucion-ministerial-no-284-2016-minam-1436978-1/>
- R. M. N° 455-2018-MINAM. (2019). Que aprueba la Guía para la Elaboración de la Línea Base y la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales, en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de:

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-la-guia-para-la-elaboracion-de-la-linea-base-y-la-g-resolucion-ministerial-no-455-2018-minam-1728220-2/>

- Segura, M. O., Valente-Neto, F., & Fonseca-Gessner, A. A. (2011). Chave de famílias de Felipe Barbosa (2013) Felipe Barbosa (2013)coleoptera aquáticos (Insecta) do estado de são paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, *11*(1), 393-412.
- Sutherland, W. J. (Ed.). (2006). *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge university press.
- Trigal-Domínguez, C., Fernández-Aláez, C., & García-Criado, F. (2010). Ecological assessment of highly heterogeneous systems: The importance of taxonomic sufficiency. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, *40*(3), 208-214.
- Trujillo, G. A. & Cañote J. (2019). First confirmed species record of Hydroscaphidae from Peru: description of a new species of Yara Reichardt and Hinton, and key to species (Coleoptera: Hydroscaphidae). *Zootaxa*, *4638*(3): 344–350.
- Underwood, A. J. (1994). On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological applications*, *4*(1), 3-15.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología - Lima: Ministerio del Ambiente.
- Waite, I. R., Herlihy, A. T., Larsen, D. P., Urquhart, N. S., & Klemm, D. J. (2004). The effects of macroinvertebrate taxonomic resolution in large landscape bioassessments: an example from the Mid-Atlantic Highlands, USA. *Freshwater Biology*, *49*(4), 474-489.
- Zhang, Z. Q. (2011). Phylum Arthropoda von Siebold, 1848 In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, *3148*(1), 99-103.

VII. ANEXOS

Anexo 1: Respuesta afirmativa sobre la Solicitud de acceso a la información pública del 26.01.2021(Expediente N°2021-E01-008592)



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 01 de marzo de 2021

2021-E01-008592

CARTA N° 00542-2021-OEFA/RAI

Señor
JAVIER ANDRES CAÑOTE OLIVER
canote.oliver@gmail.com

Referencia : Solicitud de acceso a la información pública del 26.01.2021
(Expediente N° 2021-E01-008592)

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual requiere que se le brinde la siguiente información:

"[SIC] Estimados OEFA, Por motivo de realización de una monografía para obtener el grado de Biólogo mediante la modalidad de Suficiencia Profesional solicito información hidrobiológica de los estudios Líneas Base y monitoreos hasta la actualidad de los siguientes Proyectos: - Mina Quellaveco (Angloamerican Perú S.A) - Mina Toromocho (Minera Chinalco S.A) - Mina Romina (Volcan Compañía Minera S.A.A) - Mina Constancia (Hudbay Perú) - Hidroeléctrica Huamuco (Hidroeléctrica Río Huamuco S.A.C.) - Plan de Monitoreo Biológico de COGA (Compañía Operadora de Gas S.A.C.) - Mina Antamina (Minera Antamina S.A) - Mina Tambomayo (Minas Buenaventura S.A.A) De antemano les agradezco por su pronta respuesta y disposición. Atte Javier Cañote Oliver."

Al respecto, mediante la Carta N° 00264-2021-OEFA/RAI de fecha 01.02.2021, se le notificó el uso de la prórroga en el marco de lo establecido en el Literal g) del Artículo 11° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública¹, estableciéndose como fecha de entrega de la información solicitada el día 01.03.2021.

En ese sentido, la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (en adelante, la **DSEM**) remitió vía correos electrónicos institucionales de fechas 11.02.2021, 16.02.2021 y 23.02.2021 dirigidos al Responsable de Acceso a la Información Pública la copia digital de la documentación requerida (Instrumentos de Gestión Ambiental y Monitoreos Ambientales).

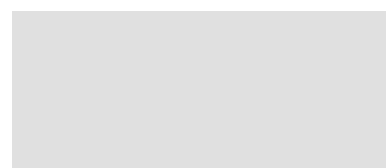
En ese contexto, se pone a su disposición la información mencionada, la cual será remitida sin costo alguno al correo electrónico consignado en su solicitud, conforme a lo estipulado en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM.



Firmado digitalmente por:
LEVANO CÁNO Angélo Alberto
FAU 20521286769 soft
Cargo: Responsable de Acceso
a la Información Pública (RAI)
Lugar: Sede Central -
Lima/Lima Jesus Maria
Motivo: Soy el autor del

VIII. ASEGURAMIENTO

Yo, Javier Andres Cañote Oliver con número de DNI 41046476 y domiciliado Calle Alfa B-37 Urbanización Juan XXII en San Borja, declaro que todos los Estudios empleados en la presente Monografía son derivados de Instrumentos de Gestión Ambiental de dominio público extraído de la extranet del MINEM (<http://extranet.minem.gob.pe/>). Asimismo, algunos Estudios fueron solicitados a el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) mediante (Solicitud de acceso a la información pública del 26.01.2021 y Expediente N° 2021-E01-008592) el cual puede ser consultado en el Anexo 1.



Javier Andres Cañote Oliver