

GUÍA DE MEJORES PRÁCTICAS PARA LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE BIOLÓGICA EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Evaluaciones de fondo de grandes ríos amazónicos



Guía de mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones de fondo de grandes ríos amazónicos

Wildlife Conservation Society – WCS
Calle Chiclayo 1008, Miraflores, Lima, Perú
www.wcsperu.org

Elaboración:
Carlos Cañas
Isabel Corahua Jorahua
María Antonieta Merino

Colaboradores:
Fiorella Burneo
Luis Moya

Revisión y supervisión:
Paola Naccarato

Corrección de estilos:
Daniel Arenas

Ilustraciones, diseño y diagramación:
Jessika Marisca

Foto de carátula:
Paola Matayoshi

Cita sugerida: WCS. (2021). *Guía de mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones de fondo de grandes ríos amazónicos.* Wildlife Conservation Society

ÍNDICE

01	La biodiversidad en los ríos amazónicos	4
	La importancia de los estudio de línea base biológica (LBB)	7
	Diferencias básicas entre ambientes terrestres y acuáticos	10
	¿Cómo impactan los proyecto de infraestructura en ecosistemas acuáticos en el Perú?	12
02	Marco legal vigente para la elaboración de LBB en materia de transporte	16
03	Elementos de análisis para la elaboración de una LBB según la Guía SEIA	18
04	Mejores prácticas para la elaboración de estudios de LBB en ríos amazónicos y evaluación de ecosistemas acuáticos	20
	1. Metodologías de evaluación aplicables para ambientes acuáticos	20
	2. Identificación de condiciones geomorfológicas e hidrobiológicas de ríos de manera oportuna	27
	3. Información cartográfica	28
	4. Información de comunidades biológicas	28
	5. Método de colección de información para evaluar el fondo en grandes ríos	31
	6. Periodos de evaluación	32
	7. Información de especies migratorias	32
8. Información histórica de ecosistemas acuáticos	34	

LA BIODIVERSIDAD EN LOS RÍOS AMAZÓNICOS



En los bosques amazónicos ocurre un permanente intercambio de agua, entre 30 y 70% de la lluvia que cae sobre la cuenca es producto de la evapotranspiración de estos bosques (Hoorn et al., 2010; Arraut y Nobre, 2012). En su tránsito como nubes en ascenso, lluvia o en forma de ríos y quebradas, el agua pasa por diferentes ecosistemas y genera condiciones que mantienen la vida de muchos organismos y procesos ecológicos, así como de la biodiversidad acuática. La diversidad de especies y sus funciones biológicas dependen del régimen de flujo dinámico de la cuenca amazónica.

En el caso de la Amazonía peruana, la región presenta una alta variabilidad del flujo en las cabeceras, caracterizada por una elevada frecuencia de picos de inundación, los cuales tienen poca duración (Canas y Waylen, 2012; Espinoza et al., 2013), por lo que estas cuencas son altamente sensibles en términos de biodiversidad y diversidad de hábitats (Albert et al., 2011, Anderson y Maldonado, 2011). En estos espacios se ubican los tramos finales de las rutas migratorias más extensas que ocurren en agua dulce (Barthem et al., 2017) y se han identificado las zonas de desove de grandes

bagres del género *Brachyplatystoma*¹. En la llanura amazónica, en las partes bajas de la cuenca, el flujo hidrológico es más pausado, con mayores magnitudes y tiempos de inundación, lo cual resulta en extensas áreas de bosque que quedan inundados estacionalmente. Las comunidades biológicas del río tienen contacto con el bosque. Estos bosques inundables son las zonas de mayor diversidad y productividad de los ríos amazónicos. En esta región también están asentadas poblaciones indígenas cuya conceptualización del mundo está estrechamente asociada con la dinámica natural de estos ríos (Perrault-Archambault y Coomes, 2008; Anderson et al., 2009; Montoya y Young, 2013; Moreira y Ramírez 2019).

Los ríos amazónicos no solamente se caracterizan por su excepcional biodiversidad, sino también porque allí ocurren las migraciones más extensas de agua dulce del planeta (Barthem et al., 2017; Goulding et al., 2018). El flujo de la cuenca amazónica es el soporte para el traslado de huevos y larvas hasta las zonas de reclutamiento ubicadas en las partes más bajas de la cuenca (Brasil) (Cella-Ribeiro et al., 2015; Barthem et al., 2017). La presencia de adultos en reproducción, huevos y larvas en los grandes canales es un indicador del rol clave que juegan las cuencas andino-amazónicas en Perú en el ciclo reproductivo de especies. En la cuenca amazónica también ocurren migraciones restringidas (laterales); muchas especies realizan movimientos sincronizados a escala



Fuente: Elaboración propia

¹ Anualmente, por lo menos cuatro especies de este género (*B. rouseauxi*, *B. platynemum*, *B. vaillantii* y *B. juruense*) deben alcanzar la zona de piedemonte andino de estas cuencas para reproducirse, cuyos desplazamientos son facilitados por las condiciones de flujo libre y conectividad y están sincronizados con la estacionalidad del flujo natural (Barthem et al., 2003; Cañas y Pine, 2011; Duponchelle et al., 2016).



local, entre los canales fluviales y el bosque inundado. Muchas especies de la llanura amazónica son consideradas migratorias y, si bien las migraciones involucran menores distancias, su ocurrencia es mucho mayor y masiva (grandes cardúmenes)². Estos movimientos laterales no aleatorios implican el uso repetitivo de hábitats separados que son esenciales para su alimentación y reproducción exitosa y, por lo tanto, a la finalización de sus ciclos de vida (Fernandes, 1997; Lucas y Baras, 2001; Osorio *et al.*, 2011; Winemiller y Jepsen, 1998).

Las especies migratorias son fuente directa de alimentación de poblaciones locales y sustento de la economía local y regional.

LA IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE BIOLÓGICA

Los estudios de línea base biológica (LBB) permiten interpretar el funcionamiento natural de un determinado ecosistema mediante el recojo y análisis de información de la diversidad de especies. En el caso de los estudios de impacto ambiental (EIA), los estudios de LBB proveen información del estado actual y condiciones de los ecosistemas previos al inicio de las operaciones de cualquier proyecto de infraestructura. A su vez, los estudios de LBB representan el punto de referencia para medir los niveles de impacto sobre los ecosistemas una vez iniciado el proyecto y para proponer programas de monitoreo durante las diferentes fases de estos proyectos. Según sea el caso, los estudios de LBB también facilitan la información necesaria para aplicar la jerarquía de mitigación en los EIA.

Los estudios de LBB son especialmente relevantes en contextos de ecosistemas diversos como los que posee el Perú, sobre todo en la región andino-amazónica, por la cantidad de especies de flora y fauna que alberga, lo que lo convierte en uno de los países de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad del planeta. La megadiversidad, entendida en el contexto de diversidad de especies y diversidad de ecosistemas, también es la fuente de numerosos bienes y servicios que forman

² Entre las especies que desarrollan estas migraciones están *Prochilodus nigricans* (boquichico), *Mylossoma duriventris* (palometa), *Potamorhina altamazonica* (yahuarachi), el grupo de las lisas (familia Anostomidae) y de los curimatidos (fam. Curimatidae) (García-Dávila *et al.*, 2018). Estas especies utilizan el canal principal como su vía central de desplazamiento; sin embargo, es en las zonas de confluencia entre tributarios y el canal principal donde llevan a cabo su reproducción (Goulding *et al.*, 2018).

parte de los modos de vida y cultura de la sociedad peruana; da soporte a la economía local, regional y nacional; y también está incluida como parte de los planes nacionales de desarrollo de infraestructura (MEF, 2019).

Debido a que la biodiversidad es finita, es necesario promover su aprovechamiento sostenible y su uso debe ser evaluado bajo las metodologías más adecuadas y mejores prácticas que permitan identificar no solo su condición como tal, sino también entender los procesos naturales que la gobiernan (relación ecosistema-especies) a fin de cuantificar de la manera más efectiva los impactos de las actividades humanas.

EVALUACIONES DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EN EL PERÚ

La gestión de ecosistemas acuáticos es considerada fundamental para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con el agua. Asimismo, la Declaración de Brisbane (2018) ha ratificado que el flujo natural es esencial para proteger y restaurar los ecosistemas acuáticos, su biodiversidad e importantes servicios ecológicos, los cuales dan soporte económico y bienestar y son la base de medios de vida y culturas.

Los ecosistemas acuáticos de agua dulce están dentro de los ecosistemas más amenazados a nivel del planeta y ya han perdido de manera significativa muchas especies y hábitats críticos (Vorosmarty, 2010; Castello y Macedo, 2015; Albert et al., 2020). En el caso del Perú, las principales amenazas identificadas son la deforestación, la minería de oro aluvial y, en general, las industrias extractivas, las cuales tienen efectos en la calidad del agua (contaminación) o en la destrucción de hábitats (alteración de los canales) (Ortega e Hidalgo, 2008).

La mayoría de las evaluaciones se han dirigido a determinar la diversidad terrestre de los bosques amazónicos. Sin embargo, en el caso de los ecosistemas acuáticos, el enfoque de evaluación no ha sido el ecosistema y la biodiversidad, sino el elemento agua, su disponibilidad para la agricultura y la prevención de inundaciones. Estas evaluaciones se han dirigido, principalmente, hacia el manejo de cuencas (Ley de Recursos Hídricos, 2009) o el monitoreo de las condiciones hidroclimatológicas de los ríos. Debido a ello, no se cuentan con instrumentos o metodologías de estudio específicos de la biodiversidad en ecosistemas acuáticos y, por tanto, generalmente se emplean metodologías que solo son válidas para ecosistemas terrestres³.

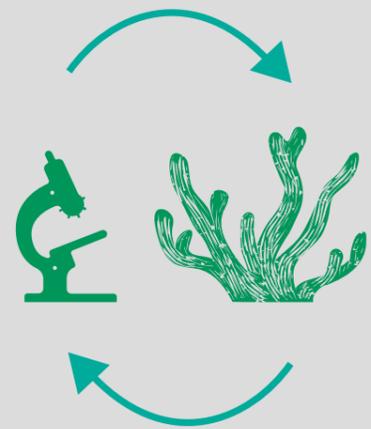
³Por ejemplo, en el actual Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú (MINAM, 2019) consideran solo dos categorías para los "ecosistemas acuáticos": "ríos" y "lago y laguna", que en conjunto abarcan solo el 1.79 % del territorio nacional. Además, se invisibiliza la red de quebradas y arroyos que recorren muchos bosques de terrazas en la Amazonía, ecosistemas desde donde se han descrito nuevas especies. Asimismo, no se incluyen a los ríos y quebradas permanentes como categorías dentro de la Estrategia Nacional de Humedales (2015), aun cuando la Convención Ramsar (utilizada como parte del marco internacional) propone a estas dos categorías como humedales críticos para el mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas continentales. Los ríos amazónicos son determinantes en la biodiversidad en el Perú, por lo que es necesario visibilizarlos dentro de los instrumentos de gestión de los recursos naturales.

“...en el caso de los ecosistemas acuáticos, el enfoque de evaluación no ha sido el ecosistema y la biodiversidad, sino el elemento agua, su disponibilidad para la agricultura y la prevención de inundaciones”

En general, una de las deficiencias más comunes de los instrumentos de gestión ambiental solicitados por el Estado se relaciona con la profundidad del análisis predictivo o preventivo que se espera de estos instrumentos (Hidalgo y Gracia Villacorta, 2019), enfocados principalmente en caracterizar la diversidad biológica mediante el uso de índices de diversidad o índices de bioindicación. En particular, en la sección hidrobiología continental (Guía del SEIA) hay mayor énfasis en el diseño de muestreo de las zonas de orilla y la aplicación de los índices de diversidad, pero muy poca información propuesta sobre criterios ecológicos de evaluación (p.e., evaluación de procesos ecológicos, interacciones de redes tróficas, dinámica poblacional, etc.), que nos permitan entender las dinámicas de interrelaciones entre los organismos acuáticos y sus hábitats tanto de fondo como de orilla, así como la interacción entre las especies de peces y los hábitats de la planicie inundable con el canal principal durante las épocas de creciente y vaciante y las transiciones.

DIFERENCIAS BÁSICAS ENTRE AMBIENTES TERRESTRES Y ACUÁTICOS

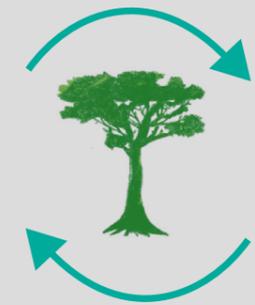
Para realizar una adecuada evaluación de la LBB en ambientes acuáticos, es importante reconocer cuáles son las diferencias básicas entre los ambientes terrestres y los ambientes acuáticos.



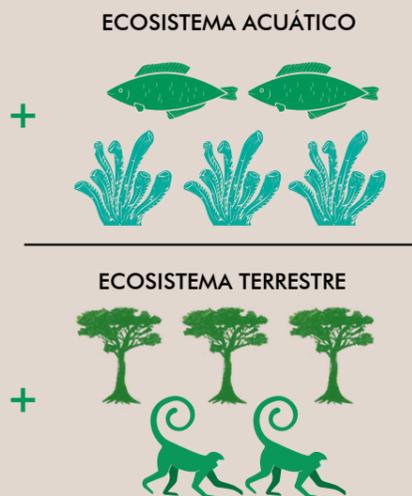
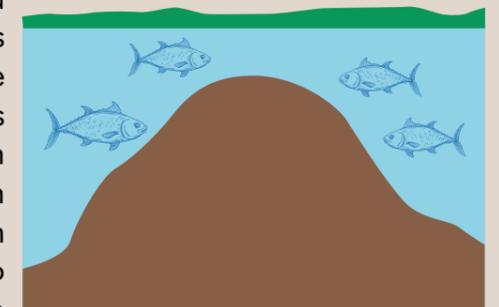
A diferencia de los ecosistemas terrestres, en los que es posible observar e identificar a simple vista los organismos productores (las plantas) y consumidores (herbívoros, carnívoros) y realizar censos de especies, en los ecosistemas acuáticos los organismos productores (algas) y consumidores primarios (zooplancton) son en su mayoría microscópicos, es decir, no es posible identificarlos a simple vista.

Para conocer la composición de especies se necesitan protocolos de colecta y adecuado tratamiento de las muestras en laboratorios (MINAM, 2014). Incluso, en el caso de evaluación de peces, se requiere de una variedad de artes de pesca para la captura de diferentes grupos de peces; muchas formas pequeñas requieren tratamiento en laboratorio para poder ser identificadas. Asimismo, es necesario considerar las horas diurnas y nocturnas de colecta y las temporadas de evaluación, ya que muchas especies realizan movimientos sincronizados estacionales para completar su ciclo de vida.

Los ambientes acuáticos en la Amazonía, por la naturaleza de la variabilidad del flujo, experimentan un recambio anual o “reseteo”, tanto en las condiciones físicas y químicas, como en la estructura de sus comunidades bióticas (peces, invertebrados, aves, mamíferos, plantas), cambios que no ocurren de la misma manera e intensidad en los ambientes terrestres (Strong et al., 1992; Wootton et al., 1996).



Por otra parte, la llanura inundable ofrece una gama de beneficios para muchas especies de invertebrados y peces. El régimen de inundaciones, que está influenciado por aumentos periódicos en el nivel del agua, marca un intercambio directo de nutrientes y provoca pulsos de nutrientes a partir de la descomposición de la vegetación inundada de las llanuras aluviales. Dado que las variaciones del nivel del agua anexan estacionalmente grandes áreas del medio terrestre a los cuerpos de agua (zonas de inundación), promueven grandes fluctuaciones ambientales que afectan los procesos biológicos y la estructura y función de los ensamblajes de especies. Con respecto a los peces, las fluctuaciones determinan en un grado variable la disponibilidad de refugio, alimentos, reproducción, crecimiento, mortalidad, competencia, depredación y parasitismo (Agostinho et al., 2005).



Los estudios para la identificación de las cadenas alimenticias (redes tróficas) también son diferentes. En los ecosistemas acuáticos, la biomasa de consumidores (peces) supera largamente a la de productores (algas), y la eficiencia de consumo sobre los productores es significativamente elevada. Por el contrario, en los ecosistemas terrestres los productores (biomasa de plantas) superan a los consumidores (animales) y el consumo de los animales no supera la tasa de cambio de los productores (Polis y Strong, 1996; Cebrian, 1999; Shurin, 2006).

Para lograr un adecuado entendimiento de la composición biológica y una valoración real de los efectos en los ecosistemas por actividades humanas, las metodologías de evaluación deben considerar estas diferencias en las características intrínsecas de los ecosistemas acuáticos y terrestre.

¿CÓMO IMPACTAN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EN EL PERÚ?

El régimen hidrológico natural beneficia a las sociedades a través del transporte, fuente de agua para agricultura e industria, agua de consumo directo y generación de energía (Poff *et al.*, 1997; Finer y Jenkins, 2012), y este uso se manifiesta a través de la propuesta de proyectos de infraestructura desde los gobiernos centrales y regionales (Vergara *et al.*, 2014; Finer *et al.*, 2015; Young *et al.*, 2016; MEF, 2019). Sin embargo, la mayoría de los proyectos en la Amazonía (represas, hidrovías y carreteras en zonas inundables) tiene el gran potencial de alterar directamente el régimen natural de los cuerpos de agua y, por tanto, van a generar efectos adversos en la excepcional biodiversidad acuática de los ríos amazónicos (Anderson *et al.*, 2018; Winemiller *et al.*, 2019).



© Paola Matayoshi / WCS Perú

De manera específica, nos referimos a los proyectos de infraestructura en la Amazonía que contemplan operaciones de dragado. El dragado de los ríos implica la remoción de material del lecho y su vertimiento en otras partes del canal, lo cual producirá efectos directos en la geomorfología del río y pérdida de la calidad ambiental. Las operaciones de dragado afectan zonas identificadas como centros de gran biodiversidad acuática, vías de acceso a las zonas de reproducción de peces que realizan las migraciones de agua dulce más extensas del planeta y la fuente de sedimentos de los más extensos y megadiversos bosques inundables⁴.

⁴Estos efectos también han sido observados debido a la explotación de oro aluvial (piedemonte andino), en la que se hace remoción/vertimiento del sustrato de los ríos. Estas perturbaciones generaron cambios drásticos en la geometría del canal (profundidad y ancho) y han afectado la calidad ambiental tanto de los ríos (mayor contenido de sedimento) como del paisaje circundante (Asner *et al.*, 2013; Caballero-Espejo *et al.*, 2018).

Algunos de los impactos más importantes son:

Alteración en el transporte de sedimento

La extracción de materiales del fondo de los ríos tiene efectos inmediatos en la alteración de los parámetros físico-químicos del agua, los cuales se propagan a otras áreas circundantes (aguas arriba, aguas abajo y lateralmente al bosque inundado) de los ecosistemas acuáticos. Estos efectos pueden ser inmediatos u ocurrir luego de la intervención.



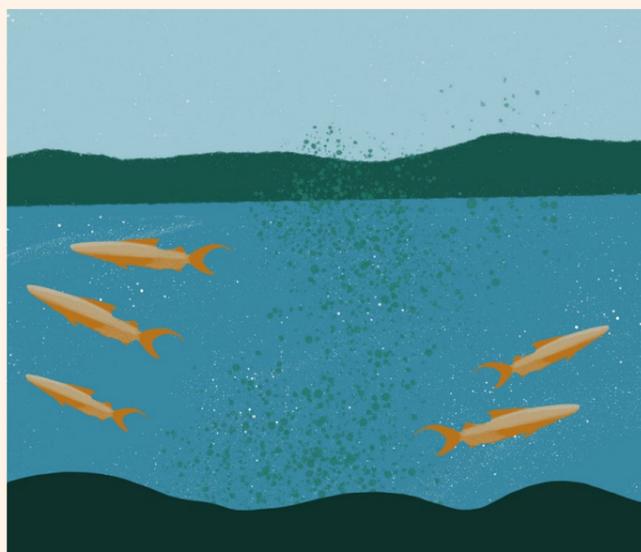
Alteración en la geomorfología fluvial

Los cambios en la geometría del canal de los ríos propician un incremento en la erosión y pueden activar otros puntos de sedimentación (aguas arriba y aguas abajo), que ocasionan deforestación de riberas y cambios en el régimen de flujo (CITA, 2019). El incremento de la erosión va a iniciar procesos de corte de meandro y una disminución de las zonas de deposición, lo que genera la búsqueda del río por recuperar su pendiente de equilibrio (canalización del río). Esta nueva configuración disminuye el contacto entre el río y el bosque circundante, lo cual genera la pérdida o degradación de hábitats, con efectos en la biodiversidad acuática y productividad de peces.



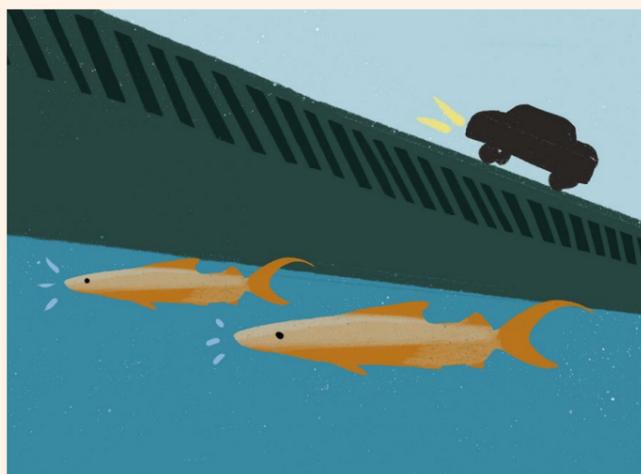
Efectos en especies acuáticas

Las operaciones de dragado van a afectar directamente de forma negativa en poblaciones de invertebrados y en peces que habitan el lecho del río y que lo utilizan como refugio o zona de alimentación. En la zona específica de dragado, los hábitats de fondo de especies van a ser eliminados, muchas de estas especies van a ser succionadas con el retiro del material y las áreas de vertimiento van a presentar una estructura (tipo de sedimento) completamente alterada (por turbidez, sedimentación y, en muchos casos, por liberación de contaminantes), con efectos en otras comunidades de invertebrados no asociadas a las zonas de dragado (Smith *et al.*, 2019). El vertimiento del material dragado tiene potencial de alterar la calidad del agua y ocasionar el incremento de sedimentos en suspensión y la obstrucción de branquias de peces en estadios de larvas y juveniles⁵. Asimismo, puede alterar los patrones de alimentación, reproducción y desplazamiento de especies migratorias o de importancia económica, o de especies clave en el ecosistema.



Alteración en la migración de peces

Los grandes ríos representan la zona de ingreso de especies hacia las áreas de reproducción. Las alteraciones del cauce principal de los ríos de cabeceras -ya sea por la construcción de carreteras, deforestación, hidroeléctricas o minería- fácilmente modifican esta frecuencia de pulsos de inundación de los ríos, lo cual va a tener un efecto directo en la temporalidad del arribo de especies⁶.



⁵ Por ejemplo, en el caso del proyecto HA, los ríos Marañón y Ucayali, propuestos para ser dragados, son las dos únicas vías de acceso que las especies migratorias (adultos) tienen para alcanzar sus zonas de reproducción en el piedemonte andino en el Perú. Las larvas y juveniles, resultado de la reproducción en las cabeceras, no tienen otra alternativa de tránsito aguas abajo hacia las zonas de reclutamiento. Asimismo, especies de migraciones más cortas utilizan estos dos ríos como la vía principal en su constante desplazamiento entre tributarios (Goulding *et al.*, 2018).

⁶ Dentro de estas especies, *B. rousseauxii*, el dorado, ha sido propuesto como una especie emblemática que representa la conectividad de toda la cuenca (Goulding *et al.*, 2018) y ha sido propuesta como especie a ser monitoreada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Reis y Lima, 2009), dado el avance de proyectos hidroeléctricos propuestos para la zona del piedemonte andino, particularmente en las cuencas Marañón y Madeira (Anderson *et al.*, 2018; Cella-Ribeiro *et al.*, 2013).

Alteración en la conectividad

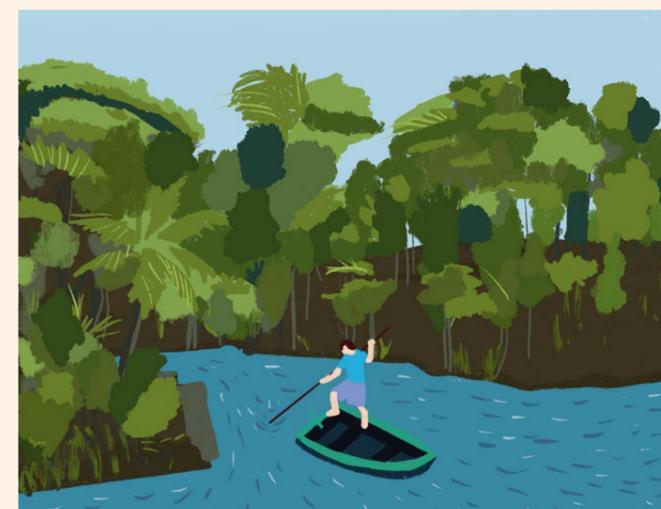
El dragado afecta directamente el lecho del río, incrementa el fondo y, por tanto, disminuye la altura del agua, lo cual disminuye a su vez la extensión y el tiempo de inundación.

Estos cambios en el régimen de flujo tienen el efecto de alterar la conectividad con humedales, como pantanos herbáceos, aguajales y varillales hidromórficos, cuyo almacenamiento de carbono es mayor que el de los bosques en pie y dependiente del aporte permanente de agua del río principal (Draper *et al.*, 2014)⁷.



Afectación en flora ribereña y actividades económicas de la zona

La ecología de muchas especies de flora y fauna de importancia económica local se ven afectadas por las alteraciones en el régimen natural de inundación. La vegetación ribereña desempeña funciones primordiales para el óptimo funcionamiento de los humedales (Fernández *et al.*, 2009), de los que se deriva una serie de servicios ecosistémicos beneficiosos para el bienestar social, entre ellos, los servicios de producción (de materias primas, recursos genéticos, recursos medicinales y recursos ornamentales), de regulación (hídrica, microclimática, retención y formación edáfica, y buffer biológico), de información (estética, recreativa, turística, cultural, espiritual, histórica, científica y educativa) y de hábitat (alimento, refugio, agua y territorio para la reproducción de peces y reptiles) (Carothers, 1977; Nahuelhual y Núñez, 2011). Por ejemplo, algunas especies arbóreas ribereñas, como *Bambusa vulgaris* "Bambú", *Inga a lata ducke* "buschilla", *Inga altissima* mart "shimbillo" y *Ficus*, *Ceropias*, entre otros, son muy preciados por ser utilizados en artesanías, cercos, instrumentos musicales, construcción de casas, de uso medicinal y ornamental.



⁷ Por ejemplo, la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), reconocida por ser el área natural protegida más extensa del Perú y como uno de los mayores humedales en la región occidental de la cuenca amazónica (Ramsar, UICN), representa el punto más delicado de los posibles impactos del proyecto HA. Los tres ríos que delimitan gran parte de su extensión (2 080 000 ha), Ucayali, Marañón y Huallaga, están incluidos dentro del área de concesión del proyecto HA y son los reguladores hídricos y la fuente de su excepcional productividad y biodiversidad. Proyectos similares, como la Hidrovia Paraguay-Paraná, han identificado una disminución entre el 11 y 30% del área de inundación del gran pantanal por efectos del dragado (Hamilton, 1999).

MARCO LEGAL VIGENTE PARA LA ELABORACIÓN DE LBB EN MATERIA DE TRANSPORTE

La Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) establece que toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

En esa línea, el MINAM aprobó la Directiva para Fortalecer el Desempeño de la Gestión Ambiental Sectorial (Resolución Ministerial N° 018-2012-MINAM), que establece que las autoridades ambientales sectoriales deben aprobar o actualizar, previa opinión favorable de dicho sector, el Reglamento de Protección Ambiental sectorial, que es el documento sectorial que define los principios, lineamientos, derechos, obligaciones y procedimientos,



© Jeremy Snyder / WCS Perú

aplicables a las personas y a los titulares de las actividades sectoriales, así como sobre los instrumentos de gestión ambiental respectivos.

En febrero del 2017 se aprobó el Reglamento de Protección Ambiental para el sector Transporte (Decreto Supremo N° 004-2017-MTC)⁸, que tiene por finalidad asegurar que las actividades, proyectos y servicios del sector Transporte se ejecuten garantizando el derecho de las personas a vivir en un ambiente equilibrado y adecuado, y de acuerdo con los criterios y principios de la gestión ambiental establecidos en la Ley General del Ambiente.

El ejercicio de estas funciones se enmarca en ciertos lineamientos de políticas. De acuerdo con ellos, es importante asegurar la viabilidad ambiental y socioambiental de los proyectos de infraestructura y servicios de transporte en sus diferentes etapas, previniendo la degradación de los ecosistemas y la afectación de servicios ecosistémicos, los daños ambientales inmediatos y futuros e impactos ambientales significativos en el ámbito de influencia de los proyectos de transporte.

Con relación a la línea base, la referida norma dispone que debe comprender: la identificación, el inventario, la evaluación y el diagnóstico de todos los componentes físicos, biológicos, químicos, socioeconómicos y del paisaje, la identificación de fuentes de contaminación o actividades, y, de ser el caso, la salud de las personas, así como aspectos sociales, económicos, culturales y antropológicos de la población y otros relevantes para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto en sus áreas de influencia. Asimismo, la norma señala que la línea base debe sustentarse en fuentes de información que permitan la adecuada y representativa caracterización de las distintas variaciones estacionales, para lo cual los estudios de línea base deben considerar información sobre un “tiempo determinado”, que permita la adecuada y representativa caracterización de estas variaciones⁹.

Si bien la norma establece criterios mínimos para el desarrollo de la línea base, no desarrolla ni detalla que estos elementos tendrán variaciones importantes dependiendo del tipo de proyecto que se ejecute, así tampoco ofrece una guía sobre las pautas que deberían ser aplicables considerando los distintos proyectos de infraestructura.

En diciembre del 2018, el MINAM aprobó 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). Ambas guías tienen por objeto brindar orientación para la elaboración, revisión, evaluación y seguimiento de las líneas base e identificación de impactos. A través de la aprobación de estas normas se busca contar con un marco referencial común que garantice un proceso de evaluación consistente y predecible en el marco del SEIA.

⁸ Esta norma fue modificada mediante Decreto Supremo N° 008-2019-MTC.
⁹ Artículo N° 28 del Decreto Supremo N° 004-2017-MTC.

Considerando la excepcional biodiversidad de la Amazonía y las particularidades de los proyectos de infraestructura que se desarrollen en esa zona, es necesario implementar mejores prácticas para el monitoreo y la evaluación de los ecosistemas acuáticos, con metodologías basadas en las características intrínsecas de estos ecosistemas (régimen de flujo natural y conectividad), tanto en el diseño de la recolección de datos como en la interpretación de los resultados y en la medición de sus impactos ambientales. Ello permitirá contar con estudios de LBB más integrales y basados en el funcionamiento y las relaciones entre los ríos y sus planicies inundables.

Se reconoce que no todos los proyectos de infraestructura generan los mismos impactos y tienen las mismas características. Por ello, la guía puede ser aplicada en lo que resulte pertinente para cada proyecto, dado que su propósito es servir de marco orientador para desarrollar una LBB con información suficiente y apropiada que permita evaluar los posibles impactos que un proyecto puede generar en la Amazonía.

ELEMENTOS DE ANÁLISIS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA LBB SEGÚN LA GUÍA SEIA

El Ministerio del Ambiente aprobó la Guía para la Elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA (en adelante, la Guía). Esta Guía tiene por objeto brindar lineamientos para realizar una adecuada caracterización de los elementos ambientales existentes en el área donde se llevará a cabo cualquier proyecto de desarrollo y que servirán de línea base de los Instrumentos de Gestión Ambiental-IGA.

El proceso de elaboración de los estudios de línea base establecido en la Guía contempla cinco etapas, descritas a continuación:



De acuerdo con la Guía, se busca contar con un marco referencial común para la preparación de la línea base que garantice un proceso de evaluación técnicamente consistente y administrativamente predecible.

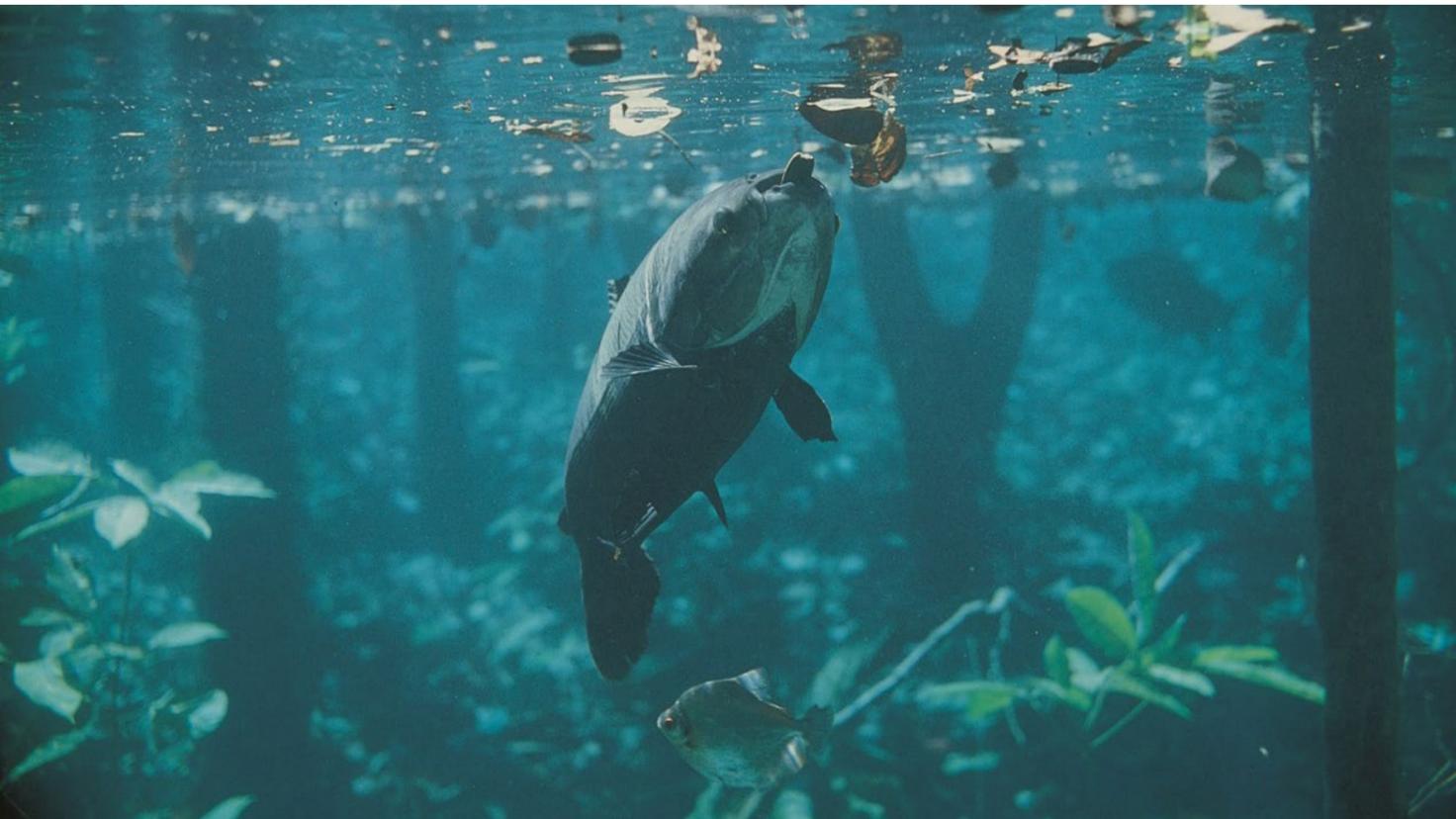
La incorporación de variables ambientales no consideradas originalmente en la Guía es particularmente importante para la evaluación de LBB en proyectos de infraestructura donde no existen antecedentes o referencias anteriores de proyectos de infraestructura que incluyan dentro de sus operaciones actividades de dragado del fondo del canal de los mayores ríos en la Amazonía peruana (como es el caso de la Hidrovía Amazónica).



© André Baertschi / WCS Perú

MEJORES PRÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE LBB EN RÍOS AMAZÓNICOS Y EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Las prácticas que son detalladas a continuación son aplicables para el estudio de fondo de los canales de grandes ríos amazónicos, así como para el de otros sistemas acuáticos (de agua dulce o marinos) con potencial de ser afectados por actividades de dragado.



© WCS Perú

1. Metodologías de evaluación aplicables para ambientes acuáticos

Como ha sido indicado, los ambientes acuáticos difieren de los ambientes terrestres, por lo que para la elaboración de la LBB es necesario considerar metodologías de evaluación para ambientes acuáticos¹⁰.

¹⁰ Algunas de estas metodologías son: Ortega, H., Samanez, I., Castro, E., Hidalgo M., y Salcedo, N. (1998). *Protocolos sugeridos para la evaluación y el monitoreo de los sistemas acuáticos del Bajo Urubamba, Perú*. Biodiversity Assessment & Monitoring, Smithsonian Institution / MAB Series, nro. 2: 278-280. Ministerio del Ambiente (MINAM) (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de las comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima. Ortega, H., Hidalgo, M. y Correa, E. (2014). *Hidrobiología. Peces en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú*. En *Metodologías para el monitoreo de la biodiversidad en la Amazonía. Experiencias en el programa de monitoreo de la biodiversidad en el área del proyecto Camisea*.

En términos generales, las metodologías que se emplean usualmente están en función de la biodiversidad de la zona superficial, y consideran principalmente posibles afecciones por afluentes de obras y captación de agua, entre otros.

Para obras que impliquen cambios en la dinámica y geomorfología en los grandes ríos (como por ejemplo hidroeléctricas, hidrovías, etc.), es importante que el diseño de muestreo y el análisis de resultados abarquen criterios ecológicos de evaluación; por ejemplo, determinar las especies migratorias que habitan en el río o cuenca, para conocer qué tipo de migraciones se están llevando a cabo en el hábitat a estudiar. Una forma de lograrlo es mediante registros de capturas de especies comerciales durante la salida de campo, encuestas a pescadores artesanales y visitas a los puertos de desembarque. Y además complementar con el uso de información ya existente, como los registros de DIREPRO, la consulta en plataformas de pesca, etc. Toda la información secundaria debe ser considerada previamente en gabinete.

Durante la fase de campo, esta información debe ser recolectada e integrada a la evaluación.

En el caso de ecosistemas acuáticos de la región amazónica, las metodologías requieren ser diseñadas considerando como principales factores: **el régimen de flujo y la conectividad**.

Conectividad y régimen de flujo

La conectividad es una característica fundamental para determinar el área de influencia¹¹ del proyecto, para la interpretación de los datos obtenidos y para determinar los impactos.

La conectividad de ecosistemas acuáticos, dentro de la cuenca y entre las cuencas, es determinada por el régimen de flujo y es una característica fundamental de los ríos amazónicos. El régimen de flujo mantiene la conectividad entre las cabeceras y la desembocadura (a otra cuenca o al mar), y entre el canal principal y el bosque adyacente en la planicie de inundación (sistema de cochas) (Junk y Wantzen, 2004). En la cuenca amazónica, las migraciones están íntimamente relacionadas con las fluctuaciones estacionales del régimen hidrológico (Goulding, 1980; Junk et al., 1989), lo cual tiene una influencia directa sobre el ensamblaje de peces. Así, casi todas las especies de peces migradores en el Amazonas se consideran “potamodromos” pues migran entre diferentes hábitats de agua dulce, y a menudo muy distantes, para completar sus ciclos de vida.

¹¹ La definición de área de influencia debe darse según el proyecto específico y la complejidad en los procesos ecológicos.

Muchos movimientos migratorios se sincronizan con el pulso de inundación de los ríos amazónicos, que crean marcadas variaciones estacionales del nivel del agua y para lo cual las especies se han adaptado. Por ejemplo, muchas especies de characiformes se sincronizan con la temporada de lluvias y el aumento de las aguas, presumiblemente para optimizar las condiciones ambientales para la eclosión de huevos, el crecimiento de larvas y juveniles, y la supervivencia en general (Duponchelle et al., 2021).



© WCS Perú

La conectividad es identificada por el permanente desplazamiento o movimiento migratorio de la fauna acuática, que busca sobre todo alcanzar hábitats críticos (canales, zonas de bosque inundable, estuarios, etc.) donde pueda cumplir funciones vitales como alimentación y reproducción.

La conectividad da soporte y mantiene procesos ecológicos como las migraciones de peces, la distribución de las especies, la fructificación de plantas y la dispersión de semillas (Goulding, 1980). No solo permite el intercambio de agua y de organismos vivos, sino también de sedimentos, nutrientes y materia orgánica, base del funcionamiento de los grandes ríos amazónicos (Arthington, 2018). El mantenimiento de las condiciones naturales de flujo y conectividad del canal principal de los ríos amazónicos es determinante en la

sobrevivencia de los peces migratorios, cuyos roles, ya sea como depredadores o como recicladores de materia orgánica, son determinantes en el mantenimiento de la biodiversidad y en la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Su presencia en ríos amazónicos también permite interpretar el rol de las cuencas dentro del paisaje fluvial, una aproximación más integral para identificar de manera más efectiva los impactos en la biodiversidad de los ríos amazónicos.

Las perturbaciones en la conectividad de los ríos están cambiando la estructura y función de los ecosistemas de agua dulce de la Amazonía y la reducción de su capacidad de resiliencia (Wohl et al., 2012)¹². Esto genera cambios en el transporte de materiales orgánicos e inorgánicos, los ciclos biogeoquímicos, la composición de las comunidades de agua dulce y la productividad, todo lo cual desencadena procesos ecológicos que deterioraran rápidamente la integridad del ecosistema.

ELEMENTOS A CONSIDERAR:

1. Incluir la identificación de procesos biológicos que representen las migraciones de especies, como:

- La presencia de adultos listos para la reproducción. Esta información podrá obtenerse con los datos de colecta, con énfasis en la biología reproductiva de las especies de importancia socioeconómica, durante la fase de campo dentro del marco de la LBB; así como con datos complementarios de desembarques o información secundaria de DIREPRO o encuestas a los pescadores locales.
- La presencia de larvas en deriva en el canal principal, lo cual requiere muestreos en el canal principal, mediante la colecta de ictioplancton, la identificación y el conteo de huevos y larvas de peces.
- La identificación de zonas de alimentación y desove dentro del bosque inundable, mediante el estudio de la ecología trófica de especies seleccionadas de acuerdo con su importancia socioeconómica.

Para realizar esta identificación, es importante considerar estas pautas:

- Realizar una colecta de campo que incluya cuatro temporadas de evaluación, cubriendo las temporadas seca y húmeda y las temporadas de transición, para determinar correctamente las variaciones estacionales (puede variar entre cuencas y entre años).

¹² Se ha identificado que proyectos de gran envergadura, como hidroeléctricas, por ejemplo, interrumpen o alteran esta conectividad en determinados puntos de las cabeceras, y sus efectos han alterado directamente los procesos de migración, la distribución de las especies y el aporte de sedimento a nivel de grandes cuencas (Winemiller et al., 2019; Forsberg et al., 2017). En el Perú ya se ha evidenciado una disminución de la conectividad de los ríos amazónicos Ucayali y Marañón, principalmente en las partes andinas, ocasionada por pequeñas (<50 MW) centrales hidroeléctricas (Anderson et al., 2018), y a nivel global se afirma que la cuenca amazónica mantiene todavía, en lugares remotos, importantes tramos de ríos con flujo libre (Grill et al., 2019).

- Implementar, en algunas estaciones de muestreo, medidores de referencia del nivel de agua del río, pudiendo ser estas reglas limnimétrica vertical o inclinada. Estos necesitan ser leídos por un observador una o más veces al día.

- Usar información secundaria (data de Senhami) sobre las condiciones hidrológicas, si las hubiere.

- Identificar las migraciones locales o regionales presentes en el canal principal, así como las especies que realizan migraciones con propósitos de reproducción, alimentación y supervivencia. Estos procesos se determinan mediante la colecta de peces de consumo, usando redes de espera de diferentes aberturas de malla (2 ½, 3, 4, 5 pulgadas) y de diferentes longitudes, dependiendo del tamaño del río, quebrada o cocha a evaluar, que deben ponerse de 24 a 48 horas, con revisiones constantes. Además, se complementa con redes atarrayas, anzuelos y redes trasmallo, entre otros. El número de lances dependerá del tamaño del hábitat acuático y de la pericia del investigador. También deberá usarse información de visitas a los puertos cercanos, así como encuestas a pescadores locales.

- Determinar la talla, el peso y el estado de condición, entre otros aspectos, de las principales especies migratorias o de consumo del hábitat estudiado. Ello implica la identificación taxonómica en campo de las especies colectada con las redes de pesca detalladas en el punto anterior. Se obtienen datos de longitud total (LT), longitud estándar (LS), peso total (W), peso eviscerado (Wevis), extracción y preservación del estómago para la posterior identificación de los ítems alimentarios.

- Identificar las zonas de reproducción y zonas de desove mediante el estudio de la biología reproductiva (como el estudio de gónadas) de las especies clave o migradoras en el hábitat a evaluar y el estudio del ictioplancton - el cual requiere ser colectado usando metodologías estandarizadas, como la propuesta en Gale y Mohr (1978), y modificadas en otros estudios científicos en la Amazonía, como los usados en Leite, 2007; Rojas et al., 2007; y Pareja-Carmona et al., 2014. Una vez identificados y contabilizados los huevos o larvas de las especies, podrán elaborarse mapas de zonas de desove o zonas críticas.

- Identificar y caracterizar los gremios alimenticios, determinando los hábitos alimenticios de las especies de peces claves o indicadoras de cada nivel trófico, así como estimar la amplitud de nicho trófico para las especies dominantes y de importancia socioeconómica en el área de interés (para lo cual deberá usarse metodología estandarizada como las citadas en Cortijo, 2012; y Román-Valencia y Hernández, 2006).

- Identificar cambios en los hábitats críticos causados por el inicio de actividades durante el funcionamiento y al finalizar estas.

De esta manera, será posible determinar la conectividad de la cuenca y sin limitar la evaluación de los impactos en las comunidades biológicas de manera localizada o limitada solo a la ubicación del proyecto. Es necesario el desarrollo de un enfoque integrado sobre los ecosistemas acuáticos de agua dulce, para así asegurar la obtención de información ecológica detallada que permita cuantificar y evaluar de manera objetiva los impactos potenciales de los posibles proyectos a desarrollarse en los grandes ríos amazónicos.

2. Conocer las dinámicas de las comunidades acuáticas y su interacción entre el flujo del canal principal y el bosque inundado o los otros cuerpos de agua. La existencia de peces herbívoros es una característica peculiar de los sistemas subtropicales sudamericanos. Un claro ejemplo son los peces del género *Colossoma* "gamitana", que son los mayores peces de escamas de la Amazonía. Estos poseen como característica principal una dieta a base de frutos y semillas que está estrictamente relacionada con el bosque inundado en periodo de inundaciones. Otros como *Brycon*, *Mylossoma* y *Myleus* son reconocidos como herbívoros dependientes del bosque inundado y la várzea inundada. Algunas observaciones en campo mostraron que especies de peces aguardan debajo de los árboles o palmeras, esperando la caída de frutos, de los cuales se alimentan; asimismo, los pescadores locales usan estos frutos para la pesca de estas especies (Resende et al., 1998).

Ejemplo: las comunidades biológicas identificadas alrededor de las zonas de dragado del río Ucayali deben evaluarse como unidad y reconociendo la presencia de especies en tránsito que utilizan tributarios aledaños, como el río Pisqui o Cushabatay.

Categorización de ecosistemas

La Guía del SEIA recomienda la caracterización de organismos hidrobiológicos a partir de dos categorías: cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas, pantanos) y lóticos (ríos, quebradas). Estas son categorías generales de los ecosistemas de agua dulce que los diferencian por la presencia o ausencia de flujo unidireccional.

Sin embargo, en la Amazonía los ambientes acuáticos (y sus comunidades biológicas) no se limitan a una categoría u otra; por el contrario, son dinámicos y estacionales, y sus características físicas (la composición de las comunidades) cambian por el régimen de flujo. Por ejemplo, el bosque inundable es un ecosistema que forma parte del cauce de los ríos (ambiente lótico) y que en la temporada de creciente presenta mínimos valores de flujo de agua (ambiente léntico), lo cual le permite desarrollar una productividad primaria (algas) muy similar a la de los lagos y, al mismo tiempo, albergar comunidades de peces que habitan principalmente los grandes ríos.

Para realizar una adecuada evaluación de la biodiversidad y desarrollar métricas apropiadas de los impactos de proyectos de infraestructura en la Amazonía, las categorías para los ecosistemas amazónicos necesitan estar basadas en conceptos de unidades ecológicas, como:

- Ríos
- Bosque Inundable
- Lagunas (Cochas)
- Pántanos (Aguajales)
- Quebradas De Terrazas No Inundables

El Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú es un instrumento orientador que debe implementarse en la fase precampo, integrarse en la LBB y retroalimentarse cuando se realice el trabajo de campo.

Para los sistemas acuáticos, puede emplearse el mapa de ecorregiones de agua dulce desarrollado por Abell (2008), que se basa en patrones de historia filogenética, paleogeografía y ecología de los peces. **Para la cuenca amazónica, esta distingue 3 ecorregiones: Amazonas High Andes (312), Amazonas Lowlands (316), Ucayali-Urubamba Piedmont (317).**



2. Identificación de condiciones geomorfológicas e hidrobiológicas de ríos de manera oportuna

Es importante que la evaluación de LBB identifique previamente las condiciones geomorfológicas e hidrológicas de grandes ríos (CITA, 2019).

El diseño de toda evaluación de comunidad de peces necesita estar siempre asociado al conocimiento de las variables físicas del río: variaciones de flujo, de inundación, procesos de deposición y erosión, y tipos de sustrato. Identificar estos elementos permite anticipar información sobre los hábitats y comunidades biológicas asociadas, lo cual ayudará a definir las metodologías de evaluación más apropiadas (épocas y aparejos de muestreo).

Es indispensable que los equipos de investigación sobre la geomorfología del río (línea base física) trabajen estrechamente asociados con los equipos encargados de la elaboración de LBB. El uso de herramientas y equipos hidroacústicos (sonar, ADCP¹³), que permiten describir el lecho del río, por ejemplo, darán un buen soporte para implementar muestreos biológicos más seguros.

ELEMENTOS A CONSIDERAR:

- Es importante identificar las condiciones geomorfológicas del río antes de determinar las estaciones a evaluar. Para ello, se sugiere realizar salidas de campo previas a cargo de personal capacitado o usar tecnología como drones para evaluar el cambio físico en los ríos. Esta actividad debe implementarse en la fase pre campo y considerar al menos dos cambios estacionales: seca y húmeda.
- Para megaproyectos como la Hidrovía Amazónica, es necesario un análisis integral del medio físico de todo el tramo del río y no solo un alcance focalizado en los malos pasos. CITA (2019) viene desarrollando una metodología de línea base y monitoreo de ríos amazónicos y se recomienda aplicar dichos lineamientos, que se encuentran enfocados principalmente en la fluviomorfología (procesamiento de imágenes satelitales, ancho de río, longitud del meandro, sinuosidad, erosión-deposición, tasas de migración y caracterización de islas) y el transporte de sedimentos (caudal y velocidades, concentración de sedimentos suspendidos, granulometría de sedimentos en suspensión y de fondo, caracterización de dunas y transporte de fondo), con intervalos de estudio de hasta seis años. La metodología sugiere que se realice, como mínimo, un análisis anual para poder identificar los cambios y dinámicas que ocurren en el canal del río (CITA, 2019).
- Para una identificación idónea de posibles zonas afectadas, es necesario el trabajo interdisciplinario con la participación de diferentes especialistas, como ictiólogos, limnólogos, hidrólogos y comunidades y autoridades locales.

¹³ Siglas de Acoustic Doppler Current Profiler.

3. Información cartográfica

Para determinar el área de estudio y el área de influencia, es necesario utilizar material cartográfico que destaque el curso de los ríos (cartas nacionales, mapas hidrográficos) y que también diferencie los ecosistemas acuáticos a través de unidades de cuencas, área de drenaje (conectividad lateral) y conectividad entre las cuencas (conectividad longitudinal).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) ofrece información georreferenciada de la delimitación de cuencas y cuencas menores hidrográficas en su Plataforma Infraestructura Espacial de Datos, la cual puede ser empleada. Además, se puede utilizar la información oficial que se elabore sobre los procesos de clasificación de ecosistemas acuáticos para que sean la referencia estándar para todos los estudios de EIA de proyectos que se lleven a cabo en cuerpos de agua dulce.

De manera adicional, se puede emplear información de publicaciones científicas que destacan la conectividad de toda la cuenca amazónica y facilitan esta información (datos georreferenciados) a través de unidades de cuenca o tipos de ecosistemas acuáticos a diferentes escalas. Se recomienda consultar en An Explicit GIS-Based River Basin Framework for Aquatic Ecosystem Conservation in the Amazon¹⁴.

Es necesario un trabajo interdisciplinario entre especialistas en GIS, hidrólogos, ecólogos y conocedores locales, que puedan gestionar de una manera más certera la delimitación de estos cuerpos de agua.

4. Información de comunidades biológicas

Es importante que, como parte del análisis de los EIA, se incluya la evaluación de las comunidades biológicas asociadas al lecho del río, a fin de contar con un análisis integral de la biodiversidad en el país. En especial, es importante realizar la identificación de riqueza y abundancia de especies de peces e invertebrados del lecho de los ríos.

Las evaluaciones de LBB de comunidades de peces han enfocado sus metodologías y esfuerzos en muestreos de orilla (MINAM, 2014). Sin embargo, para una evaluación adecuada es fundamental promover la exploración de hábitats de fondo de grandes ríos amazónicos, donde las condiciones específicas que ocurren en dichas zonas (presión del agua, ausencia de luz, mínimas velocidades) determinan la presencia de especies únicas y comunidades biológicas, muy distintas de las encontradas en zonas de orilla, y que deben estar incluidas en la composición de la diversidad acuática de los ríos amazónicos, la cual se detallará más adelante.

¿CÓMO REALIZAR ESTA EVALUACIÓN DE ORILLA EN RÍOS AMAZÓNICOS?

- La evaluación de orilla de los grandes ríos amazónicos requiere de muestreos de fondo en paralelo, a fin de poder obtener una muestra biológica representativa en todos los estratos del canal: orilla, superficie, fondo y centro del canal.
- Cada brigada de pesca (de orilla o de fondo de canal) requiere contar con su propia embarcación, ser independiente y manejar sus propias metodologías (tipos de aparejos, zonas de muestreo, tiempos de operación de aparejos, personal); no obstante, es importante que complementen sus resultados.
- Además, es necesario seguir las siguientes pautas para el estrato de orilla, superficie y bosque inundado:
 - Determinar el punto de muestreo o la zona de muestreo, que estará definida en función de las actividades del proyecto.
 - Empleo de red de arrastre de 10 m o 20 m de largo por 2.5 m de alto y una abertura de malla de 5 mm. Se efectuará entre 3 o 4 personas, realizando un cerco a orilla. Se hará entre 5 y 7 lances efectivos y tratando de cubrir diferentes microhábitats. La longitud de muestreo dependerá del ancho del río a evaluar.
 - Los arrastres deben ser realizados sobre márgenes definidos de orillas con profundidades no mayores de la altura del pecho de los pescadores, para facilitar el arrastre de manera más efectiva.
 - Las pescas deberán ser diurnas y nocturnas.
 - Dependiendo del tipo de hábitat, podrán usarse redes de mano, cal-cal o atarraya (MINAM, 2014), redes trasmallo, etc.

¹⁴ Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R., Petry, P. Hess, L., Mercado, A., Cañas, C., Montoya, M., Durigan, C. y Goulding, M. (2016). An Explicit GIS-Based River Basin Framework for Aquatic Ecosystem Conservation in the Amazon. *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 651-661. <https://essd.copernicus.org/articles/8/651/2016/>

- Lo colectado será preservado para su identificación taxonómica por ictiólogos de instituciones de investigación.
- Se realizarán análisis moleculares con las muestras de peces colectadas, de tal modo que permitan identificar las especies y generar una biblioteca genética por tramo de río evaluado o por cuenca.
- Generación de guías fotográficas de identificación de especímenes depositados en las colecciones científicas

Es necesario incluir estaciones en hábitats de importancia, como por ejemplo la planicie inundable. Esta es considerada como una extensión geoquímica de los Andes debido a que estos últimos son el principal proveedor de nutrientes que favorecen los diferentes procesos biológicos que se desarrollan en la planicie inundable (Sioli, 1984; Galvis et al., 2006). Para ello, debe emplearse redes de arrastre, atarrayas, etc.

- Complementar con estudios ecotoxicológicos de metales pesados en macroinvertebrados y peces de fondo.

Es importante que la identificación y el estudio de las comunidades biológicas que hacen uso del lecho de los ríos (fondo del canal) se complementen con los estudios que se lleven a cabo sobre la dinámica física (línea base física). Ello permite interpretar de manera integral el funcionamiento y la biodiversidad de los ecosistemas fluviales a ser directamente afectados. Por tanto, las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos que incluyan la alteración física del fondo de cuerpos de agua requieren incorporar la evaluación biológica de los ecosistemas de fondo.

5. Método de colección de información para evaluar el fondo en grandes ríos

Si bien la Guía recomienda que las unidades de muestreo abarquen distintos mesohábitats (pozas, corridas, rápidos), con énfasis en la evaluación de las comunidades biológicas que utilizan las zonas de playas de estos grandes canales, no incluye la evaluación del lecho en los grandes ríos.

Para evaluar el fondo de los ríos amazónicos se recomienda el uso de una red de arrastre de fondo (trawl), la cual debe ser utilizada con todas las condiciones de seguridad: tres personas como mínimo, embarcación estable, motor fuera de borda de 60 hp para tener total control de la embarcación y equipos sobre la velocidad del agua.

Es importante que este método se emplee únicamente en tramos rectos del canal y no en zonas de curva de los ríos. Los arrastres requieren ser llevados a cabo siguiendo el flujo del agua, asegurando que todo el tiempo la red esté completamente abierta y operativa en el fondo. Además, es importante seguir las siguientes pautas:

- Una zona de muestreo (o punto de colecta) con la red trawl implica un arrastre longitudinal efectivo de 500 m a lo largo de tres transectos paralelos en las partes más profundas del canal.
- Identificar tres zonas de muestreo respecto a cada zona de dragado (mal paso): una sobre el mismo lugar y las otras dos inmediatamente aguas abajo y aguas arriba.
- Llevar a cabo dos repeticiones en cada zona de muestreo, una después de la otra (2 series de 3 arrastres en 3 zonas de muestreos = 18 arrastres de fondo), a fin de obtener datos de la comunidad biológica del "mismo momento" del día.
- Realizar esta campaña de 18 arrastres de fondo dos veces al día (a.m. y p.m.) con las mismas consideraciones en la técnica del muestreo.
- Incluir un fluxómetro en la boca de la red a fin de poder estimar el volumen de agua evaluado y obtener métricas de densidad (indiv/m³).

Es recomendable que en estas operaciones el equipo encargado de desarrollar la línea base física levante información de la batimetría, el perfil de la columna de agua y la topografía de las zonas de muestreo antes del uso de la red trawl. Esto supone, por

ejemplo, identificar máximas profundidades y la presencia de troncos en el fondo que puedan obstruir el paso de la red, lo cual garantizará la seguridad de todos los miembros de la brigada. Además, este equipo proveerá datos físicos del ambiente acuático (perfil de velocidades de agua y tipo de sedimento) del momento del muestreo biológico. Asimismo, es recomendable la participación de pescadores locales en los muestreos con la red trawl, tanto por sus habilidades con los instrumentos de pesca y manejo de las embarcaciones, como por su conocimiento tradicional sobre la distribución de hábitats y comunidades de peces en el canal.

6. Periodos de evaluación

Las evaluaciones de LBB de los ríos amazónicos siempre han sido propuestas para llevarse a cabo durante las diferentes fases del ciclo hidrológico, lo cual es una buena práctica en términos de diseño del muestreo y representatividad de las comunidades biológicas en función del régimen de flujo natural. Sin embargo, si las operaciones de los proyectos van a ocurrir en determinados periodos del año, es necesario que los esfuerzos de muestreos biológicos sean mayores durante dichos periodos.

Asimismo, se puede complementar los resultados obtenidos con información secundaria apropiada, como datos de colecciones científicas, obtenidas con metodologías similares por universidades o investigadores nacionales o internacionales. Es necesario considerar las evaluaciones durante los periodos de transición entre temporadas húmeda y seca; es decir, contar con al menos cuatro temporadas al año y al menos durante dos años consecutivos.

7. Información de especies migratorias

Considerando que la actividad pesquera explota principalmente especies migratorias (en su mayoría, peces de los órdenes siluriformes y characiformes que realizan migraciones de larga distancia y mediana distancia, respectivamente; además de especies residentes o que realizan migraciones de corta distancia) en la región amazónica, es importante que los estudios de LBB incluyan informaciones obtenidas desde centros de comercialización de peces de consumo inmediatos a las áreas propuestas a ser evaluadas. Además, es necesario considerar que gran parte de los peces capturados en la Amazonía (algunas especies sedentarias pertenecientes a las familias Cichlidae y Loricariidae) no llega a los mercados o a ser contabilizada en los desembarques, ya que se consumen directamente por las comunidades ribereñas; este es un fenómeno común a la mayoría de las pesquerías continentales en todo el mundo (Fluet-Chouinard, Funge-Smith y McIntyre, 2018). Datos actuales que incluyen la pesca

de subsistencia ayudarán a refinar las estimaciones cuantitativas actuales de la cuenca evaluada (Duponchelle et al., 2021).

Aunque la información de los hábitos migratorios de los peces en diferentes ríos amazónicos en Perú todavía es escasa, existe información secundaria de otros países como Brasil, Colombia y Ecuador, que puede ser utilizada para un análisis integral, dado que muchas especies de peces usan rutas migratorias compartidas con estos países. Para conocer los peces migradores que podrían ser afectados por los proyectos de infraestructura de los grandes ríos amazónicos, podemos seguir las siguientes pautas de análisis:

PAUTA DE ANÁLISIS:

- Determinar qué clase de migradores existen en la cuenca: migrador regional (migra para la reproducción, dispersión o alimentación; se da entre cuencas y se desplazan grandes distancias) o migrador local (migra dentro del río, lo cual incluye movimientos laterales hacia la planicie de inundación, canales o cochas, en busca de alimentos o reproducción).
- Recopilar información pesquera a través de encuestas a los pescadores locales en los puertos de desembarque y obtener la duración y frecuencia de los periodos de mijano.
- Vincular la información biológica con la información hidrológica a través del tiempo para conocer el régimen hidrológico en función de la estacionalidad y los caudales, para determinar los periodos de creciente, transición creciente a vaciante, vaciante y transición vaciante a creciente de cada río.
- Realizar la colecta del ictioplancton (estudio de huevos y larvas de peces) durante la fase de campo de la LBB y durante el monitoreo.
- Identificar zonas de desove. Por ejemplo, algunas especies desovan en las mezclas de aguas de las cochas y el canal principal; otras, en los gramadales; mientras que otras lo hacen en el canal principal. La identificación de estas zonas debe desarrollarse durante la fase de campo y análisis de resultados.

- Realizar estudios de biología reproductiva e identificar procesos ecológicos de reproducción de las especies en cada microhábitat evaluado, además de la identificación de estadios gonadales. Este debe incluirse en la fase de campo y en la base de datos y análisis.

- Realizar el registro de:

- Al menos una de las especies migratorias representativas de grandes desplazamientos.
- Una de las especies de desplazamientos entre tributarios y el río principal.
- Al menos tres especies que forman grandes cardúmenes entre el río principal y las cochas del bosque inundable.

Para estas especies, se identifica la talla, el sexo y el estado de madurez gonadal de los individuos evaluados, así como sus zonas de captura y los momentos del año de sus mayores desembarques. Esta información permite entender la conectividad de la zona a evaluar (con respecto a otros tributarios o sistema de cochas). Asimismo, la información de las zonas de captura permite saber si hay superposición con los malos pasos.

8. Información histórica de ecosistemas acuáticos

Con la finalidad de evaluar cómo los proyectos de infraestructura en el país pueden impactar en los ecosistemas acuáticos, es necesario generar información sobre la dinámica natural de dichos ecosistemas.

El uso de uno o dos años hidrológicos en las evaluaciones de LBB de ecosistemas acuáticos no garantiza un entendimiento completo del régimen de flujo natural de los grandes ríos, por lo que se requiere el análisis y la disponibilidad de datos históricos. La información hidrometeorológica generada por SENAMHI o ANA, así como aquella que puede generarse de manera adicional, sirve para este objetivo.

Esta información permite la actualización del conocimiento de los patrones de cambio de los ambientes acuáticos, especialmente en un escenario de cambio climático.

Cuadro 1. Lineamientos del SEIA y lineamientos complementarios para un mejor entendimiento de las interacciones ecológicas de los ambientes acuáticos.

Proceso de elaboración de las LBB	Guía para la elaboración de la línea base en el marco del SEIA	Mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones del fondo de grandes ríos amazónicos
 <p>Planificación del trabajo de campo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de información secundaria. • Se identifica la red hidrográfica, así como la ubicación y descripción de los diferentes ecosistemas acuáticos (lénticos y lóticos) existentes en el área de estudio del proyecto. • Además, con el apoyo de la teledetección y las referencias bibliográficas, se menciona que debe describirse las características hidrográficas más importantes de los ambientes evaluados, tales como cuenca, cauce, caudal y pendiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere contar con un equipo multidisciplinario, que comprenda especialistas en GIS, hidrólogos, ictiólogos y pescadores locales. • Se sugiere realizar al menos una salida previa de levantamiento de información, para una descripción con mayor detalle del sistema acuático. • Se requiere usar información cartográfica ya existente, información de nivel del río, batimetría, flujo de sedimentos y contaminación de aguas, entre otros datos existentes, así como el uso de drones o teledetección para una descripción actualizada de la red hidrográfica y los sistemas acuáticos a evaluar.
 <p>Ubicación de estaciones de muestreo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se identifica posibles fuentes contaminantes. • Se identifica zonas representativas. • Se considera estaciones de muestreo ubicadas aguas arriba y aguas abajo de los componentes del proyecto que podrían afectar los cuerpos de agua. 	<p>Además de lo desarrollado en el SEIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere que para ríos que superen un ancho de cauce mayor a 100 m, se evalúen tres transectos paralelos longitudinales en el sentido del flujo del río a distintas profundidades. • Considerar estaciones de muestreo en ambas márgenes del río. • Considerar mesohábitats de importancia ictiológica, como son el bosque o la planicie inundable, adyacentes al río, así como quebradas o cochas para el estudio de la conectividad. <p>Para comprender el comportamiento dinámico del río es necesario comprender diversos procesos naturales que se desarrollan en su entorno, desde el ámbito geológico, geomorfológico e hidrológico, los cuales se deben considerar de forma integral dentro del área de estudio y estar vinculados a la parte biológica.</p>

Proceso de elaboración de las LBB	Guía para la elaboración de la línea base en el marco del SEIA	Mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones del fondo de grandes ríos amazónicos
 <p>Esfuerzo de muestreo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene en cuenta las características del área de estudio y del tipo de ecosistema acuático. • Se siguen los procedimientos establecidos en MINAM-MHN (2014): • Métodos específicos de colecta por comunidades hidrobiológicas: • Por ejemplo, para el plancton: se realiza el método del filtrado, con un esfuerzo estimado de 4 réplicas o 20 a 40 litros. • Por ejemplo, para peces: se realiza la colecta mediante redes de arrastre, siendo el esfuerzo estimado el número de lances. 	<p>Además de lo desarrollado en el SEIA para cada comunidad hidrobiológica, se sugiere un mayor esfuerzo de muestreo en la comunidad de peces, ya que se conoce muy poco sobre las especies que dominan los fondos de los ríos amazónicos de Perú y cómo serían impactadas por actividades que involucren remoción de sedimentos, cambio de hábitats, perturbaciones en la conductividad de los ríos, etc. Algunos estudios han demostrado que la fragmentación de los ríos por la construcción de represas afecta procesos ecológicos esenciales para un ecosistema saludable (Anderson et al., 2018).</p> <p>Debido a estas características se sugiere se evalúen las interrelaciones ictiofauna-habitat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preferencias de uso de hábitat, utilizando modelos similares a los empleados para la evaluación de caudal ecológico (PHABSIM y RHABSIM). • Caracterización fisicoquímica (nutrientes, metales, contaminantes, etc) en áreas someras y de profundidad de los ríos y su relación con la ictiofauna presente. <p>En el caso de proyectos que impliquen dragado del lecho del río, en cada zona de dragado o mal paso, así como en las zonas de aguas arriba y aguas abajo, se sugiere que por cada sección del río se evalúen cinco unidades muestrales, divididas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (02) unidades muestrales a orilla, una en cada margen del río, con redes de arrastre de superficie (con número de lances mayor a 5). • (03) unidades muestrales en el canal del río, separadas sistemáticamente

Proceso de elaboración de las LBB	Guía para la elaboración de la línea base en el marco del SEIA	Mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones del fondo de grandes ríos amazónicos
 <p>Estacionalidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere realizar 2 muestreos correspondientes a las temporadas de mayor y menor precipitación. 	<p>a diferentes profundidades, con redes trawl, con dos repeticiones (es decir: 2 repeticiones de 3 arrastres en las 3 unidades de muestreo, haciendo un total de 18 arrastres de fondo. Longitud mínima de cada arrastre con red trawl: 500 m).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los muestreos de pesca de fondo deben realizarse 2 veces al día, y deben ser tanto diurno como nocturno. • Se sugiere adicionar el componente de ictioplancton (estudio de larvas y huevos de peces). La colecta se realiza mediante método de filtrado con redes de cónicas de ictioplancton en secciones transversales del río a diferentes profundidades. • El esfuerzo de muestreo biológico debe estar vinculado al medio físico, por lo cual se sugiere seguir los lineamientos propuestos por CITA (2019). <ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere realizar al menos 4 muestreos al año, que corresponden a la temporada de mayor precipitación (temporada húmeda), menor precipitación (temporada seca) y las de transición entre temporadas (transición húmeda-seca y transición seca-húmeda), y al menos durante dos años consecutivos, para poder entender los procesos ecológicos que se están llevando a cabo en el área de estudio. Por ejemplo: larvas y juveniles de "gamitana" (Colossoma macropomum) realizan migraciones hacia el canal principal y los bosques inundables, durante la temporada de transición de vaciante a creciente.

Proceso de elaboración de las LBB	Guía para la elaboración de la línea base en el marco del SEIA	Mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones del fondo de grandes ríos amazónicos
 <p>Métodos de muestreo en campo (sección 2.6.2.2.7)</p>	<p>La evaluación de los organismos acuáticos se realiza mediante muestreo aleatorio simple y considerando aspectos de accesibilidad, seguridad y representatividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para ecosistemas lóticos, considera la evaluación cualitativa y cuantitativa de perifiton, macrobentos, peces y macrófitas. • La medición de parámetros fisicoquímicos y plancton debe realizarse antes de la evaluación, con el fin de evitar remoción del sustrato. • Las muestras colectadas deben ser identificadas por especialistas de cada comunidad biológica, pertenecientes a laboratorios de instituciones especializadas o, en su caso, laboratorios de instituciones acreditadas. • Identificar las especies nativas y/o exóticas de importancia para el consumo humano, la economía y bioindicadores de ecosistemas acuáticos. • Cuando el proyecto prevea realizar el vertimiento de aguas residuales que contengan metales pesados hacia un cuerpo de agua y, además, en el área de estudio se presente el consumo humano o aprovechamiento comercial de peces u otras especies hidrobiológicas, se deberá realizar un estudio de caracterización del contenido estomacal y contenido de metales (principalmente arsénico, cadmio, cromo, cobre, magnesio, plomo y zinc) en el tejido muscular de las principales especies de peces. 	<p>Además de lo propuesto en el SEIA como lineamientos base, se sugiere considerar información relevante sobre los procesos ecológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación cuantitativa y cualitativa de peces de fondo. • Evaluación cuantitativa y cualitativa del ictioplancton (colecta de huevos y larvas de peces). • Evaluación de la estructura poblacional de la comunidad mediante el estudio de la biología reproductiva de las principales especies de consumo colectadas durante la fase en campo (registro de talla, peso, sexo y estadio gonadal). • Evaluación de la ecología trófica (identificación de los hábitos alimentarios para así entender la relación entre las preferencias de alimentación y preferencias de hábitats) de las principales especies de peces de consumo colectadas durante la fase de campo. • Vincular información secundaria sobre desembarques pesqueros registrados por las Direcciones Regionales de la Producción (DIREPRO). • Se sugiere determinar la presencia y concentraciones de elementos químicos como metales pesados en el agua (metil-mercurio y otros), antes del desarrollo de proyectos que involucren remoción de sedimentos de fondo o desarrollen represas. • Se sugiere considerar la guía "Metodología de línea base geomorfológica para los ríos de la Hidrovía Amazónica" (CITA-UTEC, 2019), la cual está basada en el análisis multitemporal de imágenes satelitales para obtener métricas de parámetros físicos

Proceso de elaboración de las LBB	Guía para la elaboración de la línea base en el marco del SEIA	Mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones del fondo de grandes ríos amazónicos
 <p>Colecta de muestras y determinación taxonómica (sección 2.6.2.2.9)</p>	<p>Las muestras analizadas y clasificadas deben ser depositadas en colecciones científicas.</p>	<p>de ríos y está relacionada con la fluviomorfología y procedimientos de campo para entender el transporte de sedimentos (enfocado en hidrodinámica, hidrogeomorfología e hidrosedimentología).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere que las muestras de organismos acuáticos sean identificadas en los laboratorios de museos, universidades o instituciones enfocadas en la investigación a nivel nacional o internacional. • Las identificaciones taxonómicas de peces deben hacerse con material de respaldo (vouchers depositados en colecciones científicas) y estar a cargo de especialistas en taxonomía de peces. • La nomenclatura taxonómica debe ajustarse a la base más actualizada disponible (por ejemplo, Eschmeyer's Catalog of Fishes en su versión en línea). • Se sugiere comenzar con la generación de análisis moleculares de las muestras colectadas de peces, lo cual permitirá crear posteriormente una biblioteca genética de referencia para cada sector de río intervenido.
 <p>Evaluación y análisis de resultados (sección 2.6.2.3)</p>	<p>A partir de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas realizadas en campo por subcuenca y por estacionalidad, se presenta las posibles variables para el análisis de las comunidades acuáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calidad del hábitat (índice IHF para ríos altoandinos). • Riqueza, diversidad y abundancia relativa de las comunidades hidrobiológicas, como fitoplancton, zooplancton, perifiton, bentos y peces. • Abundancia y densidad de las 	<p>Además de las variables y parámetros recomendados en el SEIA, se sugiere considerar en el análisis las siguientes variables ecológicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la composición de especies de peces, la presencia o ausencia de ciertas especies en los diferentes hábitats evaluados (orilla, fondo, bosque inundable, etc.) durante todo el ciclo hidrológico (temporadas secas y húmedas y de transición). • Riqueza y abundancia de los peces migratorios presentes en el río y tipo

Proceso de elaboración de las LBB	Guía para la elaboración de la línea base en el marco del SEIA	Mejores prácticas para los estudios de línea base biológica en ecosistemas acuáticos. Evaluaciones del fondo de grandes ríos amazónicos
	<p>comunidades hidrobiológicas, como fitoplancton, zooplancton, perifiton, bentos y peces.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de índices bióticos aplicables al bentos (EPT%, BMWP) durante el monitoreo. • Para peces, determinar Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y análisis de metales pesados en tejidos. • Finalmente, determinar el índice de integridad biótica. 	<p>de migración llevada a cabo en la cuenca o subcuenca.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riqueza y abundancia de peces del fondo del río durante todo el ciclo hidrológico. • Análisis de la estructura poblacional de la comunidad de peces (determinación de la presencia de huevos, larvas, juveniles y adultos). • Análisis de los procesos ecológicos de reproducción de las principales especies de consumo o de mayor representatividad. • Identificación de las áreas críticas (zonas de desove, refugio, etc.) que pudieran verse afectadas por las actividades del proyecto. • Análisis de las preferencias de las especies de peces por determinadas condiciones de hábitats. • Identificación de hábitos alimenticios (ítems) y diversidad trófica de las especies de peces de consumo registrados durante toda la fase de campo. • Análisis de las condiciones fisicoquímicas del agua y transporte de sedimentos durante todo el ciclo hidrológico, al menos durante dos años consecutivos. • Generación de mapas de zonas críticas o de desove. • Uso de herramientas estadísticas como Anova, ACP, etc. <p>A partir del mayor número de evaluaciones cualitativas y cuantitativas realizadas en campo por zona intervenida del río y por estacionalidad, se obtendrá información para realizar análisis más robustos que permitan relacionar los atributos de la comunidad de peces con las variables fisicoquímicas del río.</p>

GLOSARIO

Alóctono: Que no es originario del lugar en que se encuentra.

Anádromo: Una categoría de migración que realizan los peces que se reproducen en el agua dulce dirigiéndose al mar en busca de alimento.

Amplitud del nicho trófico: Flexibilidad que poseen las especies para utilizar el alimento que está a su disposición.

Autóctono: Que ha nacido o se ha originado en el mismo lugar donde se encuentra.

Biomasa: Es el peso fresco total de una población referida a una unidad de muestreo.

Ictioplancton: Huevos y larvas de peces que flotan libremente en el cuerpo de agua.

Ítem: Cada uno de los elementos que forman parte de un dato.

Ciclo hidrológico: Puede ser resumido en cuatro fases: aguas subiendo (inundación), aguas altas (punto máximo del caudal de agua), aguas bajando (descenso) y aguas bajas (seca) (Lowe-McConnell, 1987).

Catádromos: Una categoría de migración que realizan los peces que se reproducen en el mar y procuran alimento en el agua dulce.

Conectividad: Para el funcionamiento de un ecosistema lótico, se refiere a si el río o quebrada se conecta con un sistema léntico u otro sistema lótico.

Época de creciente: Periodo del año coincidente con las máximas lluvias, caracterizado por el aumento del caudal del río. Comprende, para la mayoría de cuencas hidrográficas en el Perú, los meses de diciembre a abril.

Época de vaciante: Periodo del año caracterizado por la disminución de las precipitaciones pluviales y la disminución de los niveles de agua de los ambientes acuáticos. Es más evidente, en la mayoría de las cuencas hidrográficas en el Perú, entre los meses de junio a septiembre.

Larvas de peces: Fase de desarrollo del pez, en que ha salido del huevo y recibe nutrientes del saco vitelino hasta que este se haya absorbido completamente.

Línea base física: Documento donde se analizan los parámetros físicos existentes previamente al inicio de las actividades del proyecto.

Migraciones: Son movimientos de desplazamientos en un rango de escalas espaciales y temporales que realizan los peces, dentro de un ciclo biológico. En el caso de peces migradores, existen categorías.

Meándrico: Clasificación de los ríos amazónicos. Forman curvas en su trayectoria, las cuales se originan a partir de la migración del canal.

Migraciones laterales: Son las que se producen entre los hábitats de las llanuras aluviales de los ríos, incluidos los principales canales fluviales y lagos, los canales de conexión y varios hábitats vegetados, como los bosques inundados. Principalmente, son realizadas por Characiformes.

Migraciones longitudinales: Son las que se producen entre las áreas de eclosión y las cabeceras de las cuencas. Pueden ser de miles de kilómetros.

Mijano: Migración estacional, masiva y multiespecífica de los peces amazónicos con fines reproductivos o alimentarios. Ocurre generalmente en agosto y diciembre en la selva peruana.

Nicho: El nicho es el papel ecológico de las especies dentro de una comunidad.

Omnívoro: Que se alimenta de toda clase de sustancia orgánica, tanto de origen animal como vegetal, en partes bastante equilibradas. Cuando hay un cierto dominio de alguno de los dos ítems, se refieren a las especies como: omnívora con tendencia a carnívora u omnívora con tendencia a herbívora (citado por Zavala, 1996).

Órganos vegetales: Agrupación de tejidos vegetales que realizan una misma función, como raíz, tallo, hoja, flor y fruto.

Planicie inundable: Una franja de tierra relativamente plana, junto a un río, que sufre inundación durante las crecidas (Leopold et al., 1964)

Red trawl: Un tipo de red de arrastre utilizada para pesca de fondo.

Taxonomía: Ciencia que clasifica organismos biológica y sistemáticamente, de manera jerarquizada.

Tácticas alimentarias: Mecanismos de comportamiento que los animales usan para obtener alimento.

Turbidez: Grado de opacidad producida en el agua por la materia particulada suspendida. Juega un papel importante en la transmisión de luz, ya que incide directamente sobre la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema.

Zona ribereña: Son ecosistemas dependientes de cursos o cuerpos de agua con una matriz variable de vegetación, inmersos en cuencas hidrográficas. Estas zonas cumplen funciones esenciales para la preservación de ecosistemas y sus relaciones territoriales, influyendo en el paisaje en términos de riqueza y belleza natural, a la vez que suministran bienes y servicios para la biota y el bienestar humano (Romero et al., 2014)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, E., Clinton N., Heilpern, S., Maldonado-Ocampo, J., Carvajal-Vallejos, F., Encalada, A., Rivadeneira J., Hidalgo, M., Cañas, C., Ortega, H., Salcedo, N., Maldonado, M. y Tedesco, P. (2018). Fragmentation of Andes-to-Amazon Connectivity by Hydropower Dams. *Science Advances* 4(1): eaao1642.

Arrifano, G., Rosa C., Rodríguez M., Jiménez-Moreno, M., Ramírez-Mateos, V., Da Silva, N., Souza-Monteiro, J., Augusto-Oliveira, M., Paraense, R., Macchi, B., Do Nascimento, J. y Crespo-Lopez, M. (2018). Large-Scale Projects in the Amazon and Human Exposure to Mercury: The Case-Study of the Tucuruí Dam. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 147: 299-305.

Barthem, R., Goulding, M., Leite, R., Cañas, C., Forsberg, B., Venticinque, E., Petry, P., Ribeiro, M., Chuctaya, J. y Mercado, A. (2017). Goliath Catfish Spawning in the Far Western Amazon Confirmed by the Distribution of Mature Adults, Drifting Larvae and Migrating Juveniles. *Scientific Reports* 7.

Barthem, R. y Fabré, N. (2004). Biología e Diversidade Dos Recursos Pesqueiros Da Amazônia. En Rufino, M. L. (Ed.), *A Pesca e Os Recursos Pesqueiros Na Amazônia Brasileira*, pp. 17-62. Manaus.

Chernoff, B., Willink, P. y Machado-Allison, A. (2004). Spatial Partitioning of Fishes in the Río Paraguay, Paraguay. *Interciencia* 29.

CITA. (2019). *Metodología de línea base geomorfológica para los ríos de la Hidrovía Amazónica: aplicación en el río Huallaga*.

De Almeida, A. (2004). *Hidrovía Tocantins-Araguaia: importância e impactos econômicos, sociais e ambientais segundo a percepção dos agentes econômicos locais* [Tesis de doctorado]. Universidad de São Paulo.

Finer, M. y Jenkins, C. (2012). Proliferation of Hydroelectric Dams in the Andean Amazon and Implications for Andes-Amazon Connectivity. *PLOS ONE* 7(4): e35126.

Flecker, A. (1996). Ecosystem Engineering by a Dominant Detritivore in a Diverse Tropical Stream. *Ecology* 77(6): 1845-54.

Freitas, C., Siqueira-Souza, F., Florentino, A. y Hurd, L. (2014). The Importance of Spatial Scales to Analysis of Fish Diversity in Amazonian Floodplain Lakes and Implications for Conservation. *Ecology of Freshwater Fish* 23(3): 470-77.

García-Dávila, C., Sanchez, H., Flores, M., Mejía, J., Angulo, C., Castro-Ruiz, D., Estivals, G., García, A., Vargas, G., Nolorbe, C., Núñez-Rodríguez, J., Mariac, C., Duponchelle, F., y Renno, J. (2018). *Peces de consumo de la Amazonía peruana*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos.

Gerstner, C. L., Ortega, H., Sanchez, H. y Graham, D. (2006). Effects of the Freshwater Aquarium Trade on Wild Fish Populations in Differentially-Fished Areas of the Peruvian Amazon. *Journal of Fish Biology* 68(3): 862-75.

Goulart, F. y Saito, C. (2012). Modelagem dos impactos ecológicos do projeto hidroviário da Lagoa Mirim (Brasil-Uruguai), baseada em Raciocínio Qualitativo. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 16(1): 19-31.

Goulding, M., Venticinque, E., Ribeiro, M., Barthem, R., Leite, R., Forsberg, B., Petry, P., Lopes da Silva-Júnior, U., Santos, P. y Cañas, C. (2019). Ecosystem-Based Management of Amazon Fisheries and Wetlands. *Fish and Fisheries* 20(1): 138–58.

Isaac, V., Castello, L., Brasil, P. y Ruffino, M. (2016). Seasonal and Interannual Dynamics of River-Floodplain Multispecies Fisheries in Relation to Flood Pulses in the Lower Amazon. *Fisheries Research* 183: 352–59.

Karr, J. (1981). Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries* 6(6): 21–27.

Kasper, D., Fernandes, E., Albuquerque P., Wyss, C., Castelo B. y Malm, O. (2012). Evidence of Elevated Mercury Levels in Carnivorous and Omnivorous Fishes Downstream from an Amazon Reservoir. *Hydrobiologia* 694(1): 87–98.

Krebs, C. (1985). *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. Harla.

Krstolic, J. (2015). *Data Collection and Simulation of Ecological Habitat and Recreational Habitat in the Shenandoah River, Virginia*. USGS Numbered Series, 2015–5005. U. S. Geological Survey.

Landaeta, C. J. (2001). *Potenciales impactos ambientales generados por el dragado y la descarga del material dragado*. Facultad de Ingeniería UC de la Universidad de Carabobo.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018a). *Guía para la elaboración de la línea base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental-SEIA*. Lima.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018b). *Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental-SEIA*. Lima.

Leopold, L. B., Wolman, M. G., y Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. W. H. Freeman.

Lowe-McConnell, R. H. (1987). *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press.

Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Correa, E., Cortijo, A. M., Meza, V. y Espino, J. (2012). *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. Ministerio del Ambiente y Museo de Historia Natural. Lima.

Ortiz-Sandoval, J., Ortiz, N., Cifuentes, R., González, J. y Habit, E. (2009). Respuesta de la comunidad de peces al dragado de los ríos costeros de la región del Biobío (Chile). *Gayana (Concepción)* 73(1): 64–75.

PROINVERSION. (2017). *Contrato de Concesión - Hidrovía Amazónica. Propuesta Técnica*. 4. Lima: PROINVERSION-Ministerio de Transportes y Comunicaciones/Consortio Hidrovías II.

Roach, K., Jacobsen, N., Fiorello, C., Stronza, A. y Winemiller, K. (2013). Gold Mining and Mercury Bioaccumulation in a Floodplain Lake and Main Channel of the Tambopata River, Perú. *Journal of Environmental Protection* 4(1): 51–60.

Spence, R. y Hickley, P. (2000). The Use of PHABSIM in the Management of Water Resources and Fisheries in England and Wales. *Ecological Engineering* 16(1): 153–58.

Stewart, D., Ibarra, M. y Barriga-Salazar, R. (2002). Comparison of Deep-River and Adjacent Sandy-Beach Fish Assemblages in the Napo River Basin, Eastern Ecuador. *Copeia* 2002(2): 333–43.

Toussaint, A., Charpin, N., Brosse, S. y Villéger, S. (2016). Global Functional Diversity of Freshwater Fish Is Concentrated in the Neotropics While Functional Vulnerability Is Widespread. *Scientific Reports* 6: 22125. www.doi.org/10.1038/srep22125

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y Museo de Historia Natural (MHN-MINAM). (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*.

Wenger, A., Harvey, E., Wilson, S., Rawson, C., Newman, S., Clarke, D., Saunders, B., Browne, N., Travers, M., McIlwain, J., Erftemeijer, P., Hobbs, J.-P., Mclean, D., Depczynski, M. y Evans, R. (2017). A Critical Analysis of the Direct Effects of Dredging on Fish. *Fish and Fisheries* 18(5): 967–85.

Wildlife Conservation Society (WCS). (2019a). *La Hidrovía Amazónica y sus impactos en la pesca*. Lima.

Wildlife Conservation Society (WCS). (2019b). *Proyecto Hidrovía Amazónica. Comentarios y observaciones al estudio de impacto ambiental presentado por la empresa COHIDRO* [Informe de consultoría]. Lima.

Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I. G., Darwall, W., Lujan, N. K., Harrison, I. et al. (2016). Balancing Hydropower and Biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* 351(6269): 128–129.

Con el apoyo de

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION

