

Resumen de la Recopilación y Evaluación de datos en Sitios de Monitoreo a Largo Plazo en Cuatro Cuencas (2016 - mediados de 2018)

Por Diana M. Papoulias y Ricardo Segovia, E-Tech International

En 2016 se establecieron sitios de monitoreo a largo plazo, de actividades petroleros en Lotes 192 y 8 en cuatro cuencas – Marañón, Pastaza, Corrientes y Tigre – de Loreto, Perú. Estos sitios están destinados a cumplir múltiples funciones, pero principalmente para capacitar a los monitores ambientales. La repetida recolección de datos en los mismos sitios permite una comprensión más profunda de los efectos por clima, estaciones, y perturbaciones antropogénicas; y también del uso de diferentes metodologías para el muestreo y el análisis. También puede ser útil para rastrear los cambios en las características del sitio contaminado a lo largo del tiempo debido a la remediación, restauración o degradación natural y movimiento de contaminantes.

En cada cuenca se estableció un sitio contaminado ("contaminado") y un sitio que se cree que no está contaminado ("blanco"), pero que, por lo demás, está - en tantos aspectos como sea posible - similar al sitio contaminado. La selección de los sitios fue la decisión final de los monitores, sin embargo propusimos criterios, tales como que el sitio sea fácilmente accesible y que esté en la lista de los 32 sitios propuestos por FONAM para su remediación. Además, entre las cuatro cuencas hemos intentado de representar una variedad de tipos de hábitats y de problemas de contaminantes.

Lo que sigue es una descripción de cada uno de los sitios elegidos por cuenca (Tabla 1), usando información recopilada del campo, complementada con datos de otras fuentes. Proporcionamos tablas y gráficos cuando han habido suficientes datos para mostrar tendencias. Siguiendo estas descripciones hay un párrafo con una evaluación del proceso hasta la fecha y un resumen de los cambios o mejoras recomendados.

Tabla 1. Ubicaciones de sitios de muestreo a largo plazo y fechas visitadas.

Cuenca	Marañón		Pastaza		Corrientes		Tigre		
Sitio	Carococha	San Pedro	Piri Piri	Ushpayacu	Antonia	Huayuri	Poroto	Cuicayacu	
Blanco (B) / Contaminado (C)	B	C	B	C	B	C	B	C	
Hábitat	Cocha	Cocha	Cocha	Cocha/Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	
Coordenadas	x	0602618	0494418	0340840	0342747	0367397	0363266	0408759	0404406
	y	9498052	9479569	9698280	9692012	9716202	9713193	9741253	9742377
Visita	2016	---	---	15 junio	16 junio	20 junio	21 junio	17 junio	18 junio
	2017	3 febrero	3 febrero	19 abril	18 abril	---	---	---	---
	2018	10 abril	---	---	---	---	---	---	---

1. Marañón

Carococha fue seleccionada como un sitio no contaminado porque es fácilmente accesible en barco desde Dos de Mayo, a aproximadamente 2 kilómetros norte de la vía Tipischca - San Pedro. Es un pequeño lago poco profundo en una zona boscosa que inunda según las estaciones. Las comunidades lo

pescan, pero no en gran medida porque hay muy pocos peces. Los suelos alrededor del lago son limosos con arcilla. No hay muchos hábitats acuáticos contaminados cerca de Dos de Mayo. Por lo tanto, fue necesario ir a San Pedro donde al menos dos derrames de petróleo ocurrieron en 2014 y 2016. Los suelos alrededor de San Pedro son de grava arenosa.

San Pedro está bastante lejos en barco desde Dos de Mayo. Desafortunadamente, las áreas contaminadas son bastante diferentes a las de Carococha. Puede ser mejor agregar el Tipischca San Pedro que se ubica inmediatamente frente a Dos de Mayo como un segundo sitio no contaminado, ya que serviría como un blanco mejor para la comparación con las áreas contaminadas de San Pedro. También hay más posibilidades de obtener peces de Tipischca. Los peces en los sitios Tipischca y San Pedro, y hasta cierto punto Carococha, tienen movimientos menos restringidos por lo tanto, no podemos estar seguros de que la exposición a la contaminación ocurra allí donde son capturados.

Los dos derrames de petróleo ocurrieron en diferentes lugares cerca de la comunidad de San Pedro. Cuando visitamos (Febrero 2017) el derrame de petróleo de 2014 cerca de San Pedro, el agua era poco profunda y estaba cubierta de vegetación. Como resultado, el oxígeno disuelto (OD) era extremadamente bajo (Figura 1 y Figura 2). El pH y la conductividad también fueron bajos, sugiriendo que los iones metálicos en el aceite derramado se habían movido hacia los sedimentos o fuera del sistema. Por contraste, todavía estaban limpiando el petróleo en el segundo sitio de San Pedro. Este derrame ocurrió en 2016 en lo que se conoce como el canal de flotación: una quebrada artificial llena de agua alrededor del oleoducto destinada a retener el aceite derramado. Estudios previos del OEFA han mostrado que los metales y los hidrocarburos se encuentran en los sedimentos. En el canal de flotación han encontrado:

1. Hidrocarburos en aguas remolados o no remolados excedieron uno o más estándares en una o más muestras: aceites y grasa, HTTP (Hidrocarburos Totales de Petróleo; Total Petroleum Hydrocarbons - TPH en inglés), acenafteno, fluoreno, pireno, criseno, fenantreno: estos últimos cuatro son HAPs.
2. Niveles de hidrocarburos en aguas remolados fueron elevados sobre aguas sin remolación, Indicando que la mayoría de los hidrocarburos están en los sedimentos.
3. No existen estándares para TPH (C5-C10) y TPH (C10-C40) en agua, sino para hidrocarburos totales (HTTP): en el informe no reportaron HTTP, nosotros lo calculamos sumando TPH (C5-C10) y TPH (C10-C40).
4. En el análisis de aguas de los hidrocarburos de BTEX están representado en una suma TPH (C5-C10) con límite de detección (LD) de < 0.04 mg/L pero los niveles tóxicos de las químicas BTEX son benceno 0.046 mg/L, tolueno 0.0098 mg/L, etilbenceno 0.0073 mg/L, xileno 0.013 mg/L. Estas químicas son muy volátiles y probable ya no existen en cantidades peligrosas. Sin embargo, no se puede mostrar porque el LD es más alto que el nivel tóxico.
5. Algunos de los elementos siguientes - aluminio, cobre, hierro, magnesio, y zinc - excedieron estándares en una o más muestras de agua. Estos no son elementos muy tóxicos a humanos en comparación a otros, sin embargo, pueden ser tóxicos a vida acuática. Cobre es muy tóxico para la vida acuática, especialmente para las algas.
6. Los mismos elementos en aguas y sedimentos excedieron estándares, excepto cobre que excedió solo en muestras de agua con sedimentos remolados. Por lo general, los valores usualmente fueron más altos en los aguas remolados.
7. HAPs y mercurio excedieron uno o más estándares en una o más muestras de sedimentos.
8. No existe estándar para bario en sedimento para vida acuática.
9. Falta de estándar de calidad ambiental (ECA) para sedimentos en Perú: sin embargo, la mayoría de los contaminantes están secuestrados en sedimentos los cuales, en ríos, son muy móviles.
10. Muestras de agua remolido y no remolido y de los sedimentos indican que la contaminación está lo más elevado entre 3 y 400 m aguas debajo del punto del derrame.
11. Por lo general, los datos indican que la contaminación extiende por lo menos 600 m hacia abajo del punto del derrame y por lo menos 200 m hacia arriba del punto.

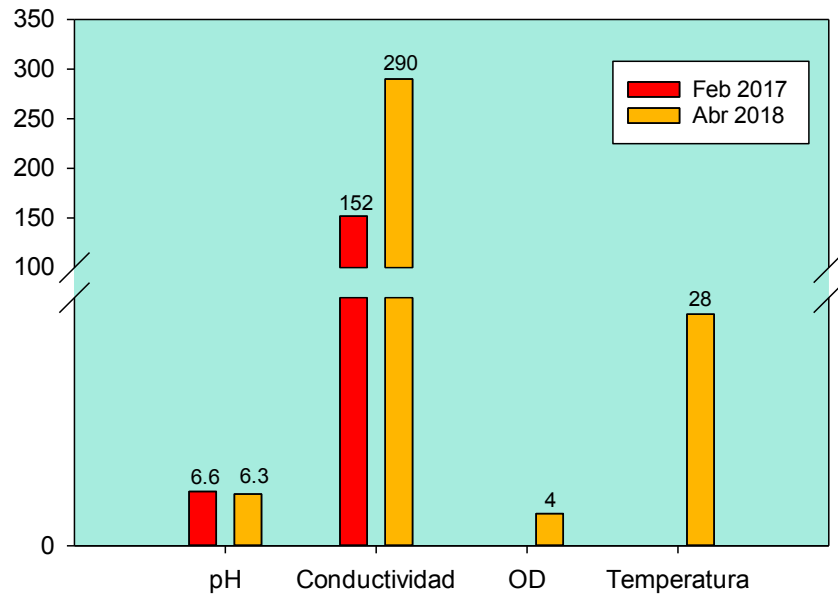


Figura 1. Datos físico-químicos recolectados del sitio 'blanco' Carococha, en la cuenca del río Marañón. Los valores específicos se mencionan arriba de las barras. (OD = Oxígeno Disuelto en mg/L; Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.)

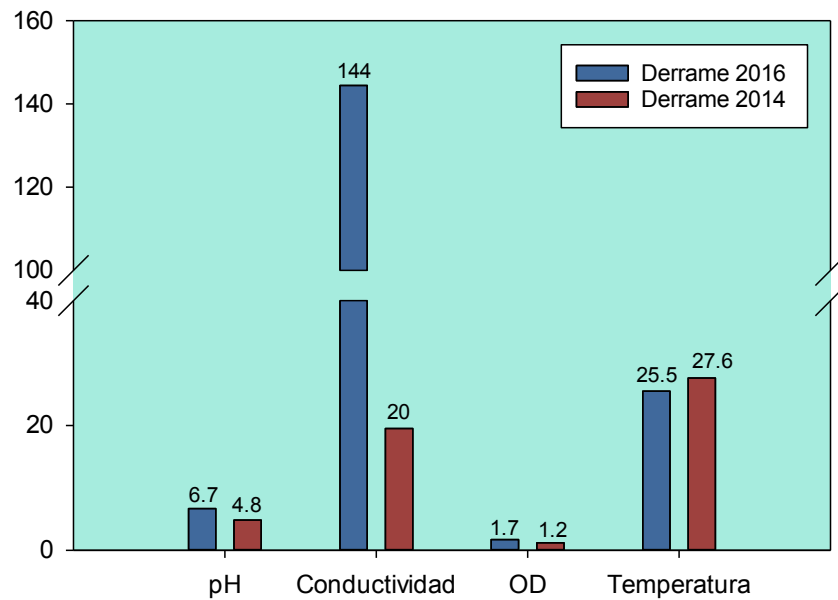


Figura 2. Datos físico-químicos recolectados en Febrero 2017 en los dos sitios de derrames (de 2014 y 2016) de petróleo de San Pedro, cuenca Marañón. Los valores específicos se mencionan arriba de las barras. (OD = Oxígeno Disuelto en mg/L; Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.)

En los sitios seleccionados como 'blancos', solo dos peces, un Fasaco (*Aequidens sp.*) de Carococha y un Acarahuazú (*Astronotus ocellatus*) (Figura 3) del Tipischca, han sido necropsiados (Figura 4) hasta la fecha, y estos tenían puntajes del índice de salud de 80 y 110, respectivamente. Fasaco es un carnívoro que come principalmente peces y crustáceos, mientras que Acarahuazú es un planctívoro. El índice de salud para un pez se calcula a partir de la asignación de puntos para cada observación de una anomalía, lesión o parásito. Cuanto más alto es el índice, más pobre es la salud. Ambos peces tenían erosión en las aletas y vesículas biliares verdes. Los puntajes del índice de salud son más altos de lo esperado para áreas no contaminadas. Aunque es demasiado pronto para determinar las causas, tenemos que considerar que los peces entran y salen de la cocha durante el crecimiento y vacilación y el Tipischca tiene una conexión semipermanente con el río Marañón y, por lo tanto, los peces pueden haberse contaminados en otro lugar. Además, la alta conductividad en esta cocha es inusual y la cocha puede estar no tan 'blanco' (área no contaminada) como se imaginaba.



Figura 3. Un pez Acarahuazú abierto del Tipischca en la comunidad Dos de Mayo, cuenca Marañón. El interior del pescado apareció sano a pesar de la erosión de la aleta.



Figura 4. Practicando necropsia en la comunidad Dos de Mayo, cuenca Marañón

2. Pastaza

Los sitios seleccionados para la cuenca del río Pastaza son Piri Piri cocha como 'blanco' y Ushpayacu como 'contaminado'. Ambos sitios no tienen conexión directa al río Pastaza. Piri Piri cocha no es un par perfecto como sitio de referencia para Ushpayacu, ya que Ushpayacu es en realidad una gran quebrada que fue alterada por la compañía petrolera hace muchos años. Sin embargo, funcionalmente, es más como una cocha que una quebrada. Ushpayacu está altamente contaminado con metales pesados e hidrocarburos según muchos informes del gobierno.

Ambos sitios fueron muestreados dos veces, una vez en Abril antes del agua ascendente (2017) y una vez en Junio durante la temporada lluviosa o la 'creciente' (Figura 6 y Figura 5 respectivamente). El agua adicional puede haber bajado el pH (el agua de lluvia es más ácida), y así también puede haber diluido la concentración de sólidos disueltos, disminuyendo la conductividad. De todos modos, la diferencia en la conductividad entre los dos sitios, especialmente evidente en junio de 2016, es grande y refleja el almacenamiento de aguas de producción durante muchos años en Ushpayacu.

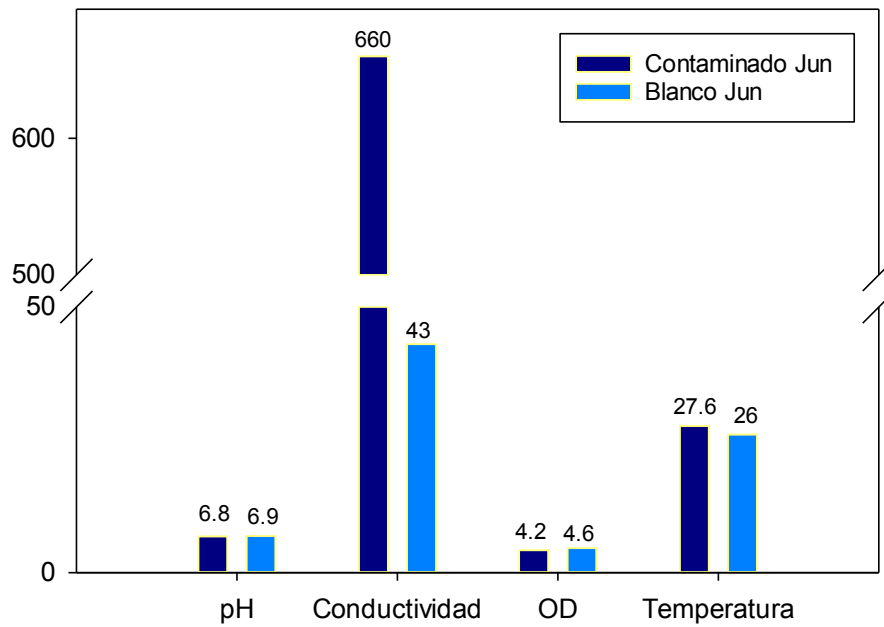


Figura 5. Comparación de los datos físico-químicos recolectados en Piri Piri cocha (blanco) y Ushpayacu (contaminado) en junio 2016. Los valores específicos se mencionan arriba de las barras. (OD = Oxígeno Disuelto en mg/L; Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.)

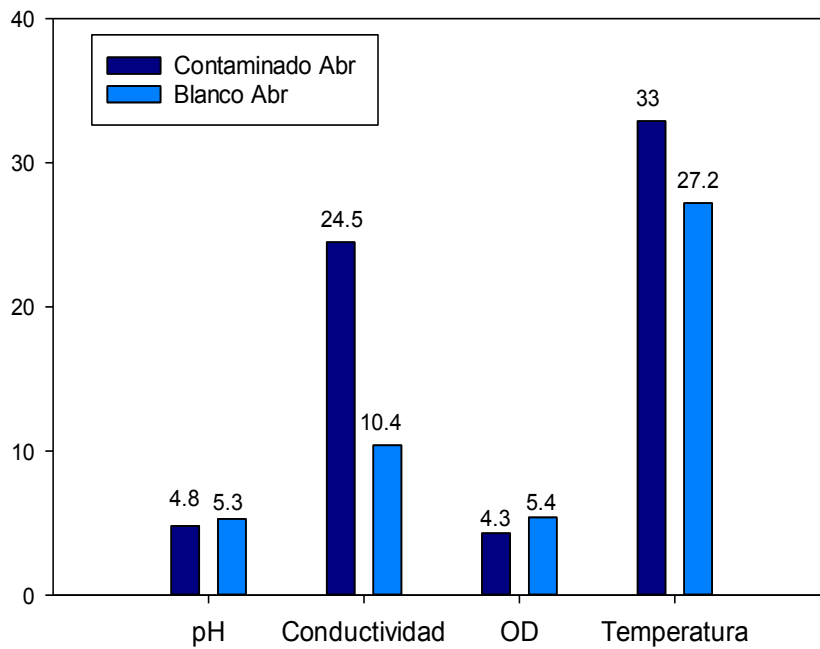


Figura 6. Los datos físico-químicos recolectados en Piri Piri cocha (blanco) y Ushpayacu (contaminado) en Abril 2017. Los valores específicos se mencionan arriba de las barras. (OD = Oxígeno Disuelto en mg/L; Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.)

Un total de 11 peces fueron capturados en Piri Piri cocha, y un total de 13 en Ushpayacu. Aunque siempre intentamos atrapar solamente Fasaco (Pachin en Quechua) como especie indicadora, siempre es difícil de encontrarla en gran cantidad, por lo cual usamos todas las especies que se puedan recoger, para así no perder la oportunidad de enseñar las técnicas de necropsia (Figura 7).



Figura 7. Estación de trabajo para necropsia.

El índice de salud para las diversas especies se enumera en la Tabla 2. Como se esperaba, es el índice de salud para Fasaco de Piri Piri cocha inferior al de Ushpayacu, y el índice de salud promedio para todas las especies combinadas es menor para Piri Piri cocha que para Ushpayacu (Figura 8). Las anomalías observadas incluyeron hemorragias leves, lesiones en

Tabla 2. Índice de salud para cada especie de Piri Piri cocha y Ushpayacu.

Especie	N	Promedio	Nivel trófico
Piri Piri cocha			
Fasaco	5	34	Carnívoro
Bujurqui	6	32	Planctíforo
Ushpayacu			
Pirana	1	20	Piscívoro
Fasaco	9	86	Carnívoro
Novia	1	60	Omnívoro
Machete	1	120	Piscívoro
Lisa	1	140	Piscívoro

branquias y aletas, y acumulación de grasa en el hígado (Figura 9) y la cavidad corporal. Para Fasaco, la relación promedio de hígado a peso corporal fue mayor en Ushpayacu ($n = 4$; HSI (índice hepatosomático) = 0.014) que en Piri Piri cocha ($n = 4$; HSI = 0.007), y la relación bazo a peso corporal fue menor en Ushpayacu ($n = 2$; SSI (índice esplenosomático) = 0,0007) que en Piri Piri cocha ($n = 2$; SSI = 0,001). Los hígados más grandes en peces contaminados pueden deberse a la acumulación de lípidos observada. De manera similar, es posible que los peces contaminados están expuestos a un estrés inmunológico mayor y, por lo tanto, tienen bazos más pequeños.

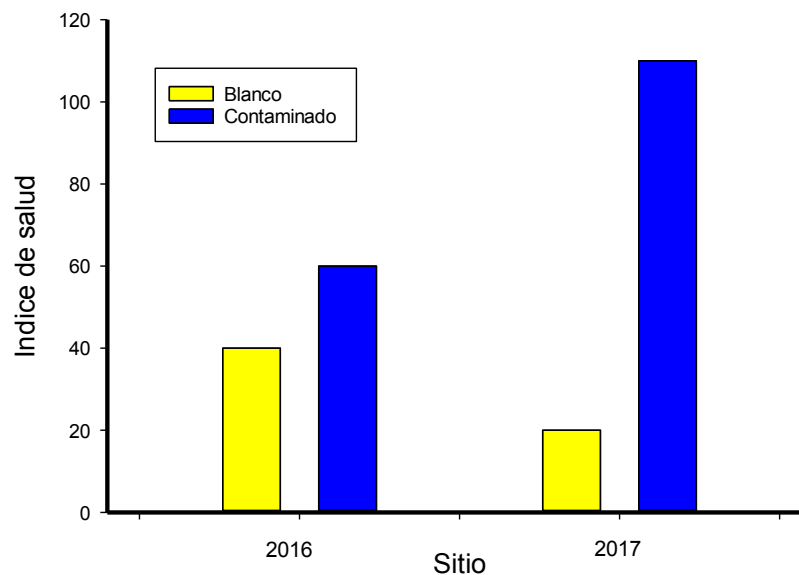


Figura 8. Comparación del promedio del índice de salud para peces de Piri Piri cocha (blanco) y Ushpayacu (contaminado) durante dos años.



Figura 9. Hígado de pez de Ushpayacu pálida (debe ser rojo oscuro) con grasa.

3. Corrientes

Las quebradas Antonia y Huayuri son los sitios seleccionados, el 'blanco' y el 'contaminado' respectivamente, en la cuenca del río Corrientes. Huayuri (Figura 10) es el sitio de un derrame de petróleo muy antiguo que nunca fue adecuadamente limpiado y tiene hidrocarburos visibles en los sedimentos.

El perfil del suelo de Antonia es limo y arcilla. Huayuri es arcilla hasta 220 cm seguido de limo arenoso. El agua se alcanza a 70 cm y los hidrocarburos se encuentran a una profundidad de 220 cm. Estos sitios solo han sido visitados una vez. Los parámetros físico-químicos (Figura 11) parecen ser normales para estos sitios, lo que sugiere que aunque hay hidrocarburos visibles en el sedimento, están ya muy degradados y no parece haber entrada actual de aguas de

producción con su carga respectiva de cationes y aniones. Esto puede ser respaldado por los resultados de la evaluación de la salud de los peces (Figura 12, pero debido a la cantidad limitada de peces

recolectados es demasiado pronto para formular conclusiones. En Antonia un Bujurqui y cuatro Fasacos fueron capturados, mientras que en Huayuri solo un Bujurqui fue capturado. El Bujurqui del sitio blanco (Antonia) tenía un índice de salud de 50, comparado con 30 para el Bujurqui del sitio contaminado (Huayuri). El índice hepatosomático (HSI) para estos peces fue de 0.008 para Antonia y de 0.009 para Huayuri (HSI para Fasaco fue 0.009). En el sitio blanco, el promedio de todos los peces combinados fue de 30 (Figura 12), pero los cinco valores variaron de 0 a 50.



Figura 10. La quebrada Huayuri, seleccionado como sitio 'contaminado' en la cuenca del río Corrientes.

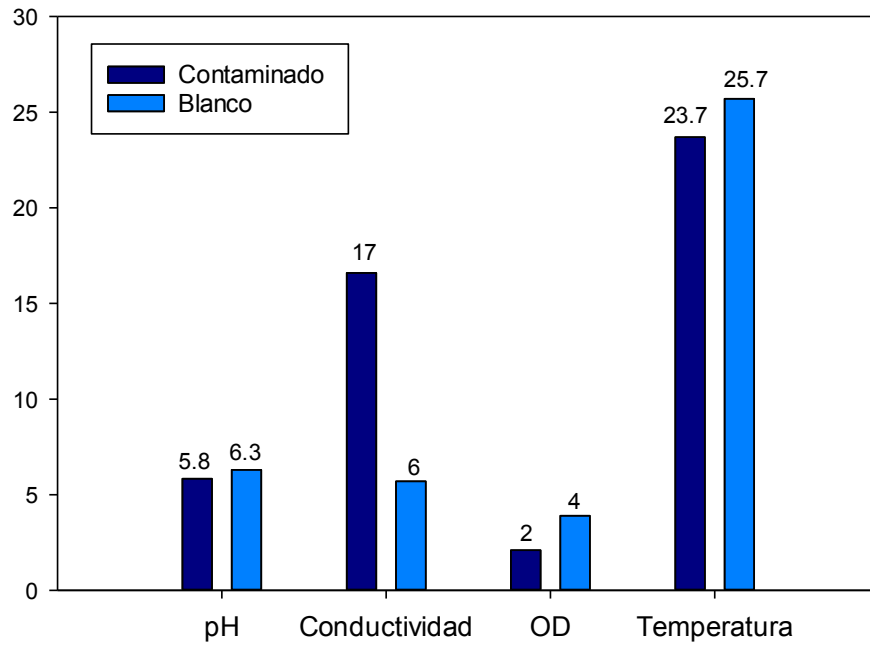


Figura 11. Datos físico-químicos para los sitios Antonia (blanco) y Huayuri (contaminado) seleccionados en la cuenca del río Corrientes en 2016. Los valores específicos se mencionan arriba de las barras. (OD = Oxígeno Disuelto en mg/L; Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.)

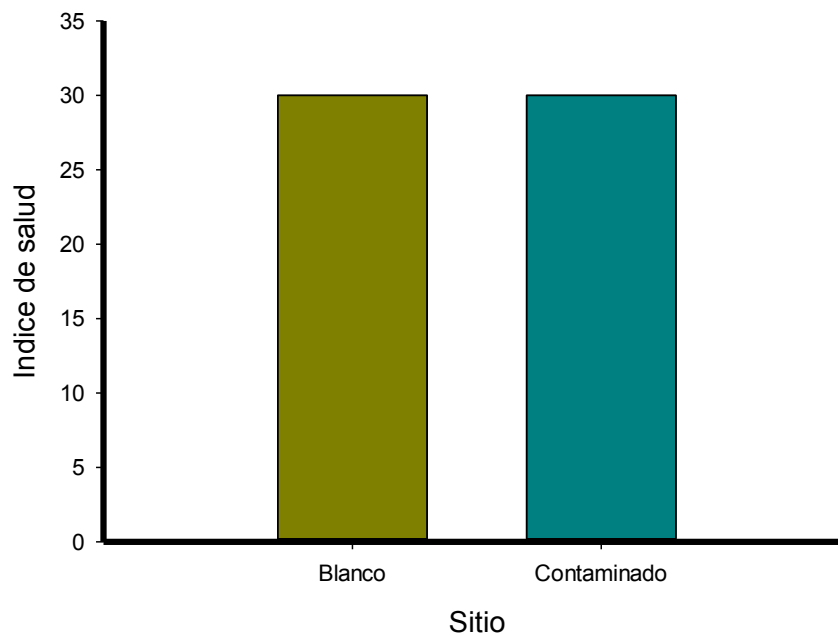


Figura 12. Indice de salud para los peces de los sitios Antonio (blanco) y Huayuri (contaminado) seleccionados en la cuenca del río Corrientes en 2016.

4. Tigre

Las quebradas Poroto ('blanco') y Cuicayacu (contaminado con hidrocarburos y metales pesados) fueron visitados una vez en Junio 2016. Cuicayacu es una pequeña quebrada a unos 300 m de un pozo petrolero. Ambos tienen suelos predominantemente arcillosos (Figura 13). El olor de los hidrocarburos podría detectarse en Cuicayacu a 93 cm. La conductividad extrema en Cuicayacu (Figura 14) sugiere que las aguas de producción pueden haber sido volcados a esta quebrada.



Figura 13. Análisis de suelo y de agua subterránea en la cuenca del río Tigre.

Diez peces fueron recolectados en Cuicayacu (Shuyo, Fasaco, Mojarra, Anashuya, Bujurqui), mientras que solo un bagre fue recolectado en Poroto. No se detectaron anomalías en el bagre de Poroto. Los peces de Cuicayacu sí tuvieron anomalías y el índice de salud varió de 20 a 170 con un valor mediano de 70 (Figura 15). En estos peces una variedad de problemas se detectó, desde parásitos hasta grasa excesiva y aletas dañadas.

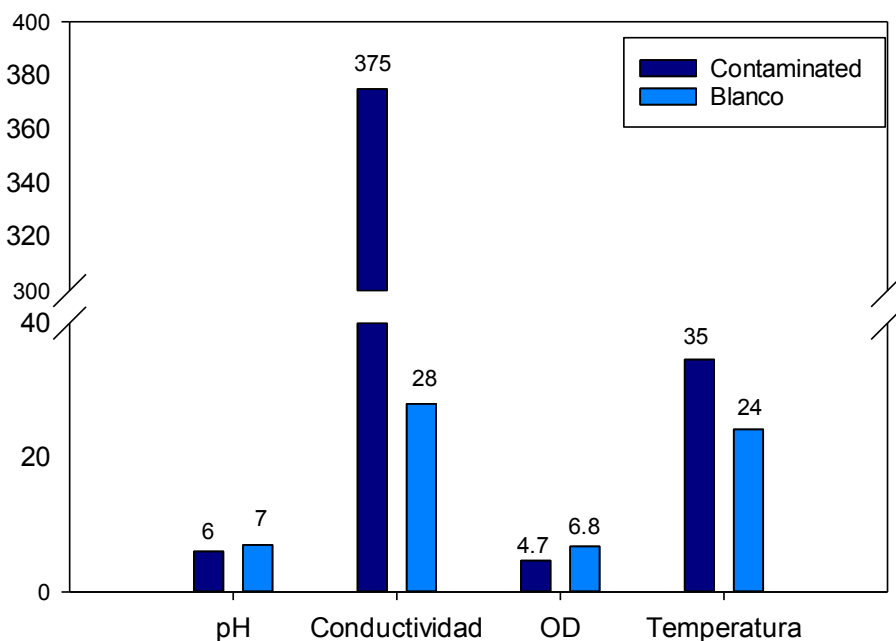


Figura 14. Datos físico-químicos para las quebradas Poroto (blanco) y Cuicayacu (contaminado) en la cuenca del río Tigre. Los valores específicos se mencionan arriba de las barras. (OD = Oxígeno Disuelto en mg/L; Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$; Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.)

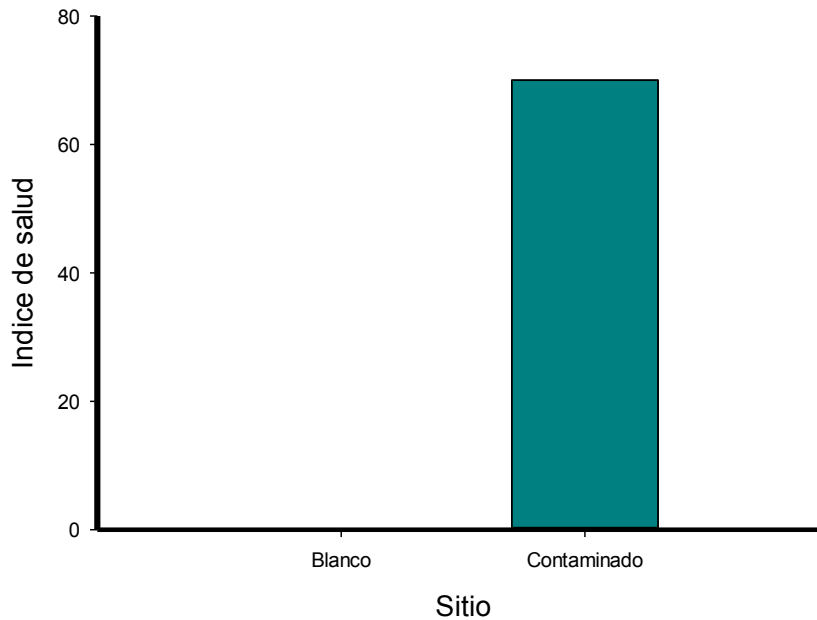


Figura 15. Indice de salud de peces en la cuenca del río Tigre para las quebradas Poroto (blanco) y Cuicayacu (contaminado) en 2016.

5. Conclusión

El muestreo repetido en sitios específicos tiene varios beneficios; entre ellos la observación de tendencias, y el monitoreo del efecto de eventos estocásticos y determinísticos sobre la función y calidad ambiental. Los sitios de muestreo a largo plazo que E-Tech ha establecido en las cuatro cuencas son principalmente para fines de capacitación; sin embargo, los datos recopilados también pueden ser útiles para futuros esfuerzos de remediación y restauración. Con solo una o dos visitas a los sitios, es demasiado pronto para describir patrones o comparar y contrastar los sitios emparejados. No obstante, la experiencia adquirida hasta la fecha indica que también se deben hacer ajustes para unir mejor algunos de los sitios de referencia a los sitios contaminados, encontrar sitios que tengan un acceso más fácil, y asegurar que los sitios tengan muestras biológicas (peces y/o macroinvertebrados y/u otro?) para su evaluación. Un desafío importante es encontrar suficientes peces de una sola especie para recolectar y usar como indicador. Nuestra expectativa era que los monitores visitarían los sitios de muestreo como mínimo dos veces al año y preferiblemente trimestral, con independencia de si los capacitadores de E-Tech podrían estar presentes. Desafortunadamente, esto no ocurre por una serie de razones, principalmente por falta de tiempo, y porque los monitores ambientales no son compensados monetariamente o de tiempo completo, y también porque necesitan pasar tiempo fuera del trabajo de monitoreo para poder mantener a sus familias.