

The California Streamside Biosurvey ***Bio-encuesta para los arroyos de California***

Una introducción al uso de invertebrados como indicadores de la
calidad del agua

Autores:

Septiembre, 2001

David B. Herbst

Sierra Nevada Aquatic Research Laboratory
University of California
Route 1, Box 198
Mammoth Lakes, CA 93546

Arleen Y. Feng

Alameda County Public Works Agency
Clean Water Division Hayward, CA 94545

Dominic E. Gregorio

Division of Water Quality
State Water Resources Control Board
Sacramento, CA 95812-0100

Portada:

Melissa Buckler

Yosemite Institute
Yosemite, CA 95389

Noviembre, 2007

Erick Burres

Division of Water Quality
State Water Resources Control Board
Sacramento, CA 95812-0100

Traductores:

Katharine Allen

Silvia Pers-Baire

Puede obtener copias de este material en:
Clean Water Team Citizen Monitoring Program
Division of Water Quality
State Water Resources Control Board
P.O. Box 100
Sacramento, CA 95812-0100

Bioencuesta para los Arroyos de California:

Utilizando a los invertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua

¿Qué es una Bioencuesta?

Generalmente los arroyos son descritos según su tamaño y caudal, las sustancias químicas disueltas en sus aguas, su temperatura, las plantas que habitan a lo largo de sus orillas y la forma de su cauce. Sin embargo, éstas son mediciones del ambiente o entorno del arroyo y por sí solas no nos indican si se trata de un lugar saludable para la vida acuática.

Los insectos acuáticos y otros invertebrados son la forma de vida animal más común en los arroyos; viven entre las algas, las plantas acuáticas y muchos organismos microscópicos (como las bacterias). Los macroinvertebrados (los invertebrados visibles al ojo humano) desempeñan muchas funciones en la cadena alimentaria acuática: ayudan a desintegrar los desechos orgánicos, reciclan los nutrientes y proveen alimentos para los peces, los anfibios y los pájaros que habitan en las orillas. Algunos de estos organismos pueden vivir y hasta prosperar en aguas contaminadas, pero muchos otros requieren de agua limpia y fría para sobrevivir. La variedad y los tipos de organismos presentes son indicadores de la salud del arroyo. Una *bioencuesta* se refiere, en forma literal, a una “encuesta de vida”; una simple prueba que consiste en recolectar y clasificar las formas de vida del arroyo. La bioencuesta descrita a continuación, así como el método de muestreo extenso conocido como *bioanálisis* (análisis biológico), son herramientas para medir la calidad del agua del arroyo y la salud del hábitat con base en los tipos de organismos invertebrados que viven en el fondo de un arroyo.

¿Por qué se necesita monitorear biológicamente a los arroyos?

En algunas ocasiones, los arroyos se han utilizado para transportar los desechos de las ciudades o las fábricas, y por eso, se necesitan normas de calidad de agua para evitar que las sustancias tóxicas u organismos como las bacterias que transmiten enfermedades perjudiquen los arroyos. Estas normas suelen estar basadas en una calidad mínima del agua, apta para consumo humano. Sin embargo, el monitoreo de los problemas relacionados con la calidad del agua requiere tanto de una evaluación de los riesgos para la salud humana como de una evaluación de la salud biológica del arroyo. La salud biológica no es siempre una característica ambiental obvia, así que se necesita recurrir al uso de técnicas de campo prácticas para analizar el bienestar de los arroyos. El bioanálisis puede satisfacer esta necesidad, ya que aporta mediciones directas sobre los tipos de vida que viven en los arroyos.

El enfoque descrito a continuación es una técnica simple que utiliza insectos acuáticos y otros invertebrados como indicadores de que un arroyo está sustentando un hábitat viable y a la altura de su potencial. Este enfoque sólo puede ser usado en arroyos, riachuelos y otros cauces por donde *corre* el agua. No es apropiado para cuerpos de agua estáticos como lagunas o lagos. Los insectos recolectados para el estudio son identificados usando una guía de ilustraciones, luego se les sitúa dentro de grupos de indicadores y finalmente se les asigna un puntaje según su abundancia relativa. La calidad general del agua del arroyo se mide según un índice estandarizado. El sistema para otorgar el puntaje y el índice de clasificación fueron desarrollados con base en conjuntos de datos reales obtenidos de estudios realizados a lo largo de California en todo tipo de arroyos, entre ellos los más y menos contaminados.

La salud o *integridad biológica* de un arroyo, lago u otro cuerpo de agua reside en su habilidad para funcionar naturalmente y sustentar la vida de la misma manera en que lo haría si no hubiera ningún tipo de impacto humano. Por lo general, la integridad biológica se ve reflejada en *comunidades* de organismos sostenibles y diversas, que puedan incluir macroinvertebrados, peces y algas. Los macroinvertebrados en este tipo de comunidad están influenciados por un amplio rango de factores físicos, químicos y biológicos, gran parte de los cuales pueden verse afectados por la actividad humana.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de invertebrados acuáticos y por qué los usamos para medir la calidad del agua?

Las personas a las que les gusta la pesca con mosca o quienquiera que haya levantado y mirado debajo de una piedra sabe qué es un invertebrado acuático. Los principales tipos de invertebrados acuáticos presentes son insectos, y entre ellos se incluyen: efímeras o cachipollas, moscas de piedra (*plecopteras*), frigateas y jejenes (*diptera*). Los invertebrados presentes que no son insectos incluyen caracoles, sanguijuelas, gusanos y “scuds” (*amphipoda*). Estas criaturas limpian los arroyos porque consumen la materia orgánica en proceso de descomposición (desechos, madera y restos de hojas) y las algas, además de proveer alimentos para otras formas de vida silvestre como los peces y los pájaros que habitan en las orillas del arroyo. Los invertebrados acuáticos también cuentan con diferentes grados de habilidad para soportar la contaminación y por lo tanto pueden ser usados como indicadores de la calidad del agua y el estado del hábitat. Por ejemplo, los sedimentos que son producto de la erosión, pueden enterrar las rocas donde viven los insectos y otros invertebrados, matando u obligando a escapar a muchos, lo que a su vez es una señal de degradación de la salud biológica.

La técnica utilizada en la Bioencuesta para los arroyos de California descrita en este documento se basa en la recolección de los organismos que viven en los fondos acuáticos (*bentónicos*) para detectar cambios en la salud, dependiendo de la cantidad de tipos de organismos presentes (*diversidad*) y cuán resistentes son a la contaminación. La recolección de invertebrados en los arroyos en un lugar para luego compararlos con los que se recolectan en otro lugar menos contaminado pero con un entorno similar (*sitio de referencia*), permite estimar los daños ocasionados por problemas previos en la calidad del agua o la recuperación de los mismos.

Se puede usar la Bioencuesta para los arroyos de California en conjunción con técnicas de monitoreo tradicionales para evaluar los cauces y las zonas ribereñas. De esta manera, se obtiene un instrumento que evalúa cómo los organismos que viven en el arroyo responden a los cambios en el hábitat causados por diferentes usos del suelo o por la contaminación. Cuando ésta no nace en un solo lugar (“*fuelle difusa*”), puede ser difícil de detectar por medio de métodos químicos de medición, porque por lo general, este tipo de contaminación no está presente en todo momento y puede que no se manifieste tomando una sola muestra del agua. Es posible que existan problemas río arriba que no sean detectados en el cauce o las riberas de ese sitio. La ventaja obtenida al usar invertebrados del arroyo es que los mismos viven en sus aguas y están expuestos a todo lo que fluye a su alrededor. Por lo anterior, los efectos de la contaminación en la cuenca con el transcurso del tiempo, tanto a nivel local como río arriba, se incorporan y se ven manifestados en estos organismos.

El propósito de la Bioencuesta de los arroyos

El método simplificado presentado en este documento le ofrece una introducción elemental al bioanálisis de un arroyo. Es probable que este documento sea especialmente útil para los grupos de voluntarios a cargo de los proyectos que buscan mostrar cómo funciona el monitoreo ecológico, y también como una guía para el plan de estudios de grupos escolares. La técnica presentada es una alternativa cuando el tiempo disponible para llevar a cabo el monitoreo es limitado y no existe la posibilidad de realizar trabajo de laboratorio, o para aquellos que no

desean matar y preservar organismos recolectados. Para aquellos que desean realizar estudios más intensivos se recomienda usar los protocolos esbozados en “*Measuring the Health of California Streams and Rivers*” [“Evaluando la salud de los arroyos y ríos de California”] (Harrington and Born, 2000). La Bioencuesta para los arroyos de California ofrece una introducción apropiada para el monitoreo biológico de los arroyos por las siguientes razones:

- No involucra taxonomía (es decir que para realizarla no se requiere experiencia de de ningún tipo),
- Muestreo basado en captura y devolución: las muestras se clasifican en el campo, se cuantifican y luego se les devuelve al arroyo (no se necesita preservar las muestras en alcohol o clasificarlas en el laboratorio o salón de clase, aunque si desea, puede hacerlo),
- Se puede obtener un índice de calidad del agua sin establecer un sitio de referencia (es opcional),
- Se ha probado la técnica utilizando series de datos obtenidos a lo largo del estado de California de todo tipo de arroyos, desde los más hasta los menos contaminados. Los resultados muestran que los índices obtenidos de dicha técnica son altamente fieles a los generados por un bioanálisis más detallado que considera los mismos datos.

Varios protocolos (métodos estandarizados para el muestreo de invertebrados) proveen distintos niveles de información, para diferentes niveles de esfuerzo y costo. La Tabla 1 resume los elementos principales de dos protocolos que se distribuyen entre voluntarios que realizan monitoreos de calidad del agua en California: (1) la Bioencuesta de los arroyos de California (una adaptación del procedimiento para realizar la bioencuesta de los arroyos de la Agencia de Protección Ambiental, EPA por sus siglas en inglés); y (2) la versión del procedimiento para realizar un bioanálisis de los arroyos de California –*California Stream Bioassessment Procedure* (CSPB por sus siglas en inglés)- que se dirige al monitor ciudadano. El método de muestreo es similar para ambos protocolos; una red en forma de D es colocada en el lecho del arroyo en el sentido contrario al cauce. Con las manos y los pies se desplazan las rocas y otros sustratos en frente de la red para que la corriente arroje a los invertebrados adheridos a las rocas y los sustratos dentro de la red.

La diferencia más grande entre estos protocolos es la manera en que se cuantifica e identifica a los organismos. La técnica utilizada en el procedimiento CSPB usa la taxonomía a nivel de familias con cuentas de 300 organismos para evaluar la integridad biológica. Se requiere de una gran inversión en tiempo y capacitación, en un laboratorio, para clasificar e identificar las muestras que han sido preservadas. La técnica recomendada por la Bioencuesta de los arroyos es más simple, requiere menos organismos y permite obtener datos en el campo sin necesidad de preservar las muestras; no obstante puede ser menos precisa como una evaluación biológica. Típicamente, se puede completar la Bioencuesta para los arroyos de California en 2-3 horas, contando la recolección de la muestra, su clasificación y el tiempo para llenar la lista de control de las características del hábitat. Cuando la preservación de las muestras es una opción viable para el grupo de monitoreo, los taxónomos pueden realizar análisis taxonómicos adicionales. Lo anterior puede ayudarle al grupo a verificar sus resultados y obtener información más detallada sobre la salud de la comunidad de insectos acuáticos.

Cuándo y cómo realizar un bioanálisis de los arroyos

El bioanálisis es útil para muestrear a lo largo de los arroyos y localizar los sitios afectados donde se ha degradado el hábitat acuático, así como para observar el progreso de la recuperación del hábitat en lugares donde han cambiado las prácticas del manejo de suelos. Con el fin de establecer una norma para la salud del arroyo es deseable comparar el arroyo en estudio con arroyos cercanos y similares que no han sufrido ningún o casi ningún tipo de impacto (*arroyo de referencia*). Si lo anterior no es posible, todos los sitios de arroyo estudiados pueden clasificarse

de mejor a peor, dividirse en cuartiles (cuatro grupos) y clasificar el 25% más alto como *excelente*, el segundo 25% como *bueno*, el tercer 25% como *regular* y como *pobre* el 25% más bajo. La mejoría de estos sitios a través del tiempo puede ser determinada con base en encuestas periódicas utilizando el muestreo, que siempre se realizan en la misma estación o época del año. De esta manera, se puede medir el progreso para alcanzar condiciones mejores según un índice relativo.

Tabla 1. Descripción general de las diferencias entre los protocolos introductorios para el bioanálisis en California

Procedimientos del protocolo	Bioencuesta para los arroyos de	Bioencuesta CSBP
	California	Monitoreo por ciudadanos
Sitios de muestreo	Recolecte 3 muestras compuestas (de lado a lado) de transectos de tres sectores del arroyo donde hay pequeños rápidos que se ubican dentro del área de estudio definido.	
Recolección de macroinvertebrados	Aplique el método “ <i>kick sampling</i> ” (muestreo revolviendo el lecho de arroyo) utilizando una red en forma de D de 500 micrones y revolviendo con las manos los sustratos en áreas de 1 pie cuadrado; y realizando un esfuerzo constante durante un período de tiempo determinado por cada muestra.	
Manejo de la muestra	Coloque una submuestra de los organismos vivos en un recipiente poco profundo (o presérvelos – opcional)	Preserve la muestra en alcohol en recipientes etiquetados
Clasificación y submuestreo	Escoja 100 animales vivos en el arroyo y clasifique por grupo en una bandeja para hielo	Escoja 100 a 300 organismos de la cuadrícula de una bandeja en el entorno del laboratorio.
Identificación y conteo	Clasifique según la guía de ilustraciones agrupando los organismos en clases por su abundancia.	Identifique con un microscopio a nivel de familia y la abundancia relativa de cada familia
Evaluación del daño	Obtenga un solo puntaje de los conteos ponderados y compare con la escala de medición	Calcule mediciones múltiples, establezca el puntaje biótico, compare los resultados utilizando el Índice de Integridad Biológica

Realizar una caminata a lo largo de un arroyo que es motivo de preocupación es una buena manera de identificar primero las áreas en donde pueden ocurrir problemas. Se pueden encontrar hábitats degradados en lugares donde las orillas están desprovistas de vegetación y el suelo se hunde o derrumba, en canales anchos y poco profundos, debajo de un cruce vehicular o para el ganado, donde las aguas están turbias y revueltas, o bajo un lugar donde desaguan aguas contaminadas. Se debe usar el bioanálisis en conjunto con las mediciones de las características del canal, la vegetación a lo largo del arroyo y las sustancias químicas en el agua. Esta información le ayudará a evaluar las causas de las diferencias observadas en los tipos de organismos encontrados en el arroyo. Por ejemplo, usted puede usar esta información para evaluar si se deben controlar las orillas erosionadas y los sedimentos de los arroyos y así mejorar las condiciones del hábitat del arroyo. La Bioencuesta de los arroyos de California incluye una lista de control para ayudarle a recopilar esta información.

El diseño de un estudio que utiliza la Bioencuesta para los arroyos de California

La utilidad de una encuesta de macroinvertebrados depende de cuán bien se ajuste el plan a los propósitos del estudio y recursos disponibles. Existen varias maneras de poner en práctica los métodos del bioanálisis, dependiendo del propósito principal de cada proyecto (Tabla 2). Se puede abordar cada pregunta del estudio de diferentes maneras, dependiendo de quién vaya a usar los datos (por ejemplo grupos de voluntarios, científicos expertos en cuencas o agencias de manejo). Por lo general, a medida que las preguntas se tornen más específicas y los datos sean más importantes para la toma de decisiones, las encuestas de macroinvertebrados requieren de protocolos y la recolección de datos de apoyo más rigurosos. La planificación de proyectos debe

involucrar a los usuarios de los datos para determinar las normas de la calidad de dicha información.

Tabla 2. Consideraciones de diseño en la planificación de estudios de bioanálisis

PROPÓSITO	PREGUNTA	PROTOCOLO	COMPONENTES REQUERIDOS PARA RESPONDER A LA PREGUNTA		
			¿COMPARACIÓN?	¿CLASIFICAR ARROYOS?	¿USAR MEDICIONES?
Educación	¿Qué tipo de animales vive en el arroyo?	Recorrido informal a lo largo del arroyo	No se requiere	No se requiere	No se requiere
Evaluar la fuente puntual de los contaminantes	¿Los vertidos de los desagües afectan la vida en el riachuelo?	Bioencuesta CA o CSBP	Contraste corriente aguas arriba-aguas abajo	Usualmente no se requiere ya que los sitios de ensayo y los de control están cerca	Una sola medición de la Bioencuesta o múltiples mediciones
Evaluar fuentes de contaminación difusa	¿La dispersión urbana afecta la vida en el riachuelo?	Bioencuesta CA o CSBP	Datos de referencia regional o escala de valoración	Seleccionados con base en tamaño, el caudal, la elevación o el gradiente por ejemplo	Una sola medición de la Bioencuesta o múltiples mediciones
Identificar tendencias	¿Está el hábitat del arroyo cambiando con el tiempo?	Bioencuesta CA o CSBP	Monitorear un sitio determinado en el tiempo (estacional o anualmente)	No se requiere (evaluación del hábitat también debe realizarse)	Una sola medición de la Bioencuesta o múltiples mediciones
Evaluar el nivel del daño (o diagnóstico inicial)	¿Está el arroyo dañado o no?	Bioencuesta CA o CSBP, otros métodos	Datos de referencia regional o escala de valoración, criterios biológicos	Seleccionados con base en el tamaño, el caudal, la elevación o el gradiente, por ejemplo	Una sola medición de la Bioencuesta o múltiples mediciones, otros métodos
Identificación del problema	¿Cuáles factores están causando el impacto observado en la vida del arroyo?	Usar datos biológicos y físicos sobre el hábitat para diagnosticar el o los problemas	Contrastes con sitios que no han estado expuestos a lo que se sospecha es la fuente específica del problema	Control para el tipo de arroyo: seleccionados con base en el tamaño, el caudal, la elevación o el gradiente, por ejemplo	Mediciones y otros datos usados para identificar el tipo de impacto
Guía para la restauración	¿Cuáles acciones pueden mejorar el hábitat del arroyo?	Manejo para eliminar o limitar el problema identificado	Otros casos de estudio usados para tomar decisiones bien fundamentadas	¿Restauración apropiada para el tipo de arroyo?	Mediciones y otros datos usados para definir lo que se necesita para mejorar el hábitat
Monitoreo de la eficacia de la restauración	¿Los cambios específicos en el manejo ayudan al riachuelo?	Bioencuesta CA o CSBP, otros métodos	Datos de referencia regional, escala de valoración o monitoreo de los cambios a través del tiempo	No se requiere si solo se está realizando monitoreo de los cambios a través del tiempo, pero debe compararse con condiciones en sitios de referencia similares	Una sola medición de la Bioencuesta, múltiples mediciones u otros métodos

Los Componentes para el diseño del estudio

El diseño de un proyecto de bioanálisis incluye varios componentes que funcionan juntos: protocolos, comparaciones con la condiciones de referencia, clasificación de arroyos y medidas o índices que describen la composición de la comunidad de macroinvertebrados.

- *Los protocolos* son métodos estandarizados para recolectar datos. Las encuestas informales y la caminata a lo largo del arroyo descrita en el manual *EPA Streamwalk*¹ se usan con fines educativos o para realizar el reconocimiento inicial cuando se planea un estudio. La Bioencuesta para los arroyos de California es un protocolo semicuantitativo e introductorio.
- *Comparación* de los datos recopilados en un sitio particular utilizando algún tipo de norma. El término *condiciones de referencia* se usa para describir las áreas del arroyo con menor o ningún daño; se aplica a una región específica y ubicación del sitio de la muestra dentro de la cuenca (por ejemplo, la cabecera vs. el tronco principal del río). Cuando se evalúa un lugar que se sospecha es una fuente fija de contaminación, tal como una tubería que desagua en el arroyo, la comparación generalmente se realiza entre un sitio específico de control localizado aguas arriba, antes de la tubería. Las tendencias también pueden compararse con el cambio ocurrido a través del tiempo en un mismo sitio. El método de la Bioencuesta no requiere datos de referencia: se usa una escala de valoración para medir la calidad del agua basada en datos obtenidos de arroyos que se conocen por sus niveles de contaminación o no contaminación. Sin embargo, puede ser que hábitats especializados, como manantiales u otros, no sean apropiados para este sistema de medición.
- *La clasificación de arroyos* agrupa sitios o secciones de arroyos de manera tal que las comparaciones de datos se realizan solamente entre sitios que son similares físicamente. Se trata de un sistema de categorías de clasificación que ha probado ser útil en otras situaciones y que incluye el tamaño del arroyo y la forma del canal (por ejemplo arroyos de cañones de lechos rocosos vs. arroyos de tierras bajas de lechos suaves). Para evaluaciones más precisas, la *validación* del sistema de clasificación supone la colección y revisión de diferentes tipos de datos para asegurarse de que las categorías son apropiadas.
- *Las mediciones* o índices son descripciones numéricas de la composición de la comunidad de macroinvertebrados. La Bioencuesta para los arroyos de California usa una única medición que toma en cuenta la abundancia, diversidad y tolerancia general a la contaminación de los macroinvertebrados que se encuentran en la muestra. Otros métodos utilizan una serie de mediciones individuales que representan cada uno de dichos atributos, así como también otros como la proporción de moscas de piedra (*plecoptera*) u otros grupos específicos de organismos. La confiabilidad de las mediciones individuales varía de acuerdo a diferentes escalas y condiciones; por eso el uso de mediciones múltiples permite una interpretación más precisa de los resultados. Puede ser útil que estudios previos realizados en la misma cuenca o región hayan evaluado los índices con respecto a otros indicadores de la salud de la cuenca y hayan validado la respuesta dada a los diferentes tipos de problemas.

Al examinar los conjuntos de datos de estudios biológicos recogidos por medio de muestreo sistemático a través de una región específica, los biólogos pueden establecer criterios biológicos: valores de referencia para mediciones individuales que representan la condición de referencia para cada clase de arroyo. El sistema de medición de la Bioencuesta para los arroyos de California, el cual asigna a cada arroyo una categoría como “Excelente” o “Regular”, busca definir criterios biológicos aproximados que se pueden utilizar a través de California y en diferentes tipos de arroyos. Estas clasificaciones deben considerarse como sugerencias que deben ser confirmadas de manera independiente con investigación adicional en su arroyo o realizando una comparación con los criterios biológicos profesionales establecidos para su

¹ El “*Stream Habitat Walk*” es un método fácil de utilizar para identificar y evaluar los elementos del hábitat de un arroyo. Se basa en un protocolo simple conocido como “*Streamwalk*” que fue desarrollado por la oficina regional de la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) situada en Seattle, Washington. Consiste fundamentalmente en la observación visual de las características del hábitat del arroyo, la fauna silvestre presente y los grandes atributos físicos. También se puede realizar una simple evaluación de los macroinvertebrados dentro del arroyo. Este método casi no requiere de equipo o capacitación para ser realizado.

región. La Bioencuesta es una herramienta adecuada para la evaluación general y pruebas preliminares. Sin embargo, el estudio de sitios o problemas particulares puede requerir procedimientos más avanzados que rindan información detallada sobre las características físicas, químicas y biológicas de los sitios de prueba.

Escoger un diseño para el estudio final

Después de determinar los objetivos generales del proyecto, se debe tomar decisiones adicionales para establecer el diseño final de la muestra:

- *La selección del sitio* debe tomar en cuenta dos preguntas principales: ¿son los sitios representativos de los tipos de condiciones en las que está usted interesado? y ¿podrá usted realizar las comparaciones que desea? Se puede escoger los sitios porque son un centro de interés para la comunidad o por razones de manejo, o porque se necesitan para realizar comparaciones (sitios de referencia o de control).
- *Las fechas de muestreo* afectan los resultados porque los ciclos de vida de los insectos son, por lo general, estacionales. La caracterización inicial de un sitio, arroyo o una región puede examinar la composición de la comunidad durante diferentes estaciones. Comparaciones más rigurosas requieren que el muestreo se realice durante la misma estación, usualmente durante la primavera o al final del verano/principios del otoño. Debido a que las fluctuaciones climáticas y otras variables aleatorias hacen que las poblaciones de macroinvertebrados varíen de un año a otro, se puede llegar a necesitar varios años de muestreo y datos para determinar cuánta variación natural es típica en un sitio.
- *Los microhábitats* son ambientes distintos en los arroyos escogidos para el muestreo. Las zonas donde hay corriente, las pozas, los cúmulos de hojas o los restos de madera dan sustento, cada una, a un grupo diferente de la comunidad de macroinvertebrados. La mayoría de los protocolos hacen un muestreo de las zonas donde hay corriente o una combinación de varios microhábitats.
- *La evaluación del hábitat* ofrece una perspectiva general de las condiciones físicas que es probable que afecten a los organismos del arroyo. Las encuestas de bioanálisis generalmente incorporan un procedimiento para la evaluación general del hábitat, el cual sirve para caracterizar los sitios e interpretar los datos. Estos procedimientos se basan en parte en evaluaciones subjetivas, por eso se requiere tener experiencia con los arroyos en la región para aplicarlos en forma adecuada. (Vea la lista de control de las características del hábitat, pág 21.)
- *El nivel de esfuerzo requerido por muestra* depende sobretodo del procesamiento de la muestra y los procedimientos de análisis de datos. El análisis de laboratorio requiere más tiempo que la identificación al lado del arroyo, pero tiene ciertas ventajas:
 - a) Una mejor resolución taxonómica (que va de *Orden* a *Familia*, a *Género*, a *Especie*) puede identificar diferencias biológicas entre sitios.
 - b) La preservación de la muestra permite se evalúen todos los datos e inclusive puedan volver a analizarse más tarde.
- Si las muestras recolectadas se preservan, deben ser organizadas y archivadas para mantener un registro. Si la identificación taxonómica es realizada por personas que no son expertos, los especímenes deberán ser verificados por taxónomos capacitados. Remítase a Harrington y Born (2000) para obtener instrucciones detalladas e información sobre los factores que debe tener en cuenta al usar alcohol para preservar muestras. Los planes del proyecto también deben tomar en cuenta el esfuerzo que se necesita para el análisis y la presentación de los datos, que a su vez depende de los objetivos del proyecto y el nivel de orientación

disponible de los criterios biológicos regionales o estatales.

El procedimiento para la Bioencuesta para los arroyos de California

La Bioencuesta se realiza recolectando a los invertebrados que viven en el fondo de un arroyo en hábitats donde hay pequeños rápidos y donde una persona puede caminar por el agua. Estas áreas son caracterizadas por flujos turbulentos de agua sobre las secciones rocosas y poco profundas del arroyo. Las pozas y secciones donde fluye el agua sin rápidos son los otros tipos de hábitats físicos de los arroyos, sin embargo, no tienen la misma abundancia y diversidad de invertebrados que se encuentran en las zonas donde corren pequeños rápidos. Dichas áreas deben ser poco profundas de manera que se pueda entrar caminando y las muestras puedan tomarse pateando el lecho y haciendo salir los organismos adheridos a las rocas, que se capturan con una red sostenida justo río abajo del área donde se recogió la muestra. Los restos grandes de madera o roca deben retirarse y lavarse en la red. Entonces la muestra entera puede ser preservada (en alcohol) o clasificada junto con los organismos vivos allí mismo en el sitio de estudio.

La muestra recogida contendrá invertebrados en la misma proporción de abundancia que la que se encuentra en las áreas del hábitat muestreadas donde fluye la corriente. Se puede realizar la identificación y el conteo de los invertebrados en el campo, utilizando la guía de ilustraciones y las hojas de trabajo proporcionadas. La guía de ilustraciones representa algunos de los órdenes mayores y las familias comunes de los invertebrados acuáticos. En cuanto sea posible, se pueden conservar los especímenes preservados para luego identificarlos y realizar controles de calidad. Para cada proyecto de monitoreo, una colección de referencia que incluye cada tipo de organismo presente debe preservarse y guardarse con la identificación y etiqueta apropiada. Esto proporciona un recurso que puede usarse en cualquier colección futura para comparar y verificar identificaciones. La selección de los sitios de muestreo y la preparación de una colección de referencia debe realizarse con la ayuda de biólogos acuáticos o un supervisor del proyecto.

Equipo y suministros

El equipo y los suministros que se necesitan son: botas de hule, una red de muestreo con una malla de 0.5 mm (red con una armazón en forma de D, 12" de ancho), baldes y una red para peces (para sostener y submuestreo), bandejas de plástico blancas poco profundas (para clasificar a los invertebrados), pinzas o fórceps (para agarrar y escoger a los bichos), bandejas para hielo (en donde poner los grupos de invertebrados clasificados), recipientes para guardar las muestras o los insectos clasificados (con una buena tapa que cierre bien), alcohol (opcional, ya sea alcohol isopropílico o alcohol etílico para preservar la muestra de invertebrados), una lupa (así es más fácil ver e identificar a los organismos pequeños), y una pequeña botella atomizadora para quitar las rocas, hojas y madera colectada.

Procedimiento paso a paso

El procedimiento descrito aquí se basa en parte en el borrador de los lineamientos para el programa de Monitoreo Voluntario de los Arroyos (*Volunteer Stream Monitoring*) que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos desarrolló para la región del atlántico medio² de los Estados Unidos. Se han hecho modificaciones para tomar en cuenta las diferencias regionales en los tipos más comunes de la fauna presente y la tolerancia de la misma (que se encuentre en California y otras partes de la costa oeste de los EEUU) y se sugieren algunos indicadores adicionales.

² Región de Estados Unidos de América que incluye por lo general a los estados de Delaware, Maryland y Virginia; y usualmente a Nueva York, Pennsylvania y Nueva Jersey.

I. Recolección de la muestra y conteo de los invertebrados

1. Seleccione un sitio para realizar el muestreo (zonas donde hay corriente en medio de un arroyo rocoso, o sustratos mixtos sumergidos como plantas acuáticas, madera, borde de los bancos o depósitos de grava/arena/cieno en un arroyo de aguas turbias).
2. Patee y frote minuciosamente los sustratos en el área donde toma la muestra (un pie cuadrado), recolectando los organismos desplazados en la red en forma de D sostenida firmemente contra el fondo del arroyo (esta muestra debe provenir de un lugar cerca del centro del arroyo)³.
3. Colecte otras dos muestras en dos nuevos sitios (repita los pasos 1-2 para cada una) en la misma red (los sitios deben estar hacia los bordes del arroyo, en cualquier lado de la muestra en medio del arroyo).
4. Coloque toda la colección de la red en un balde lleno hasta la mitad de agua (elimine cualquier animal aferrado a la red), y lave la red en el balde.
5. Usando una red para peces para recoger una parte de la muestra, retire una porción de los contenidos del balde, incluyendo arena, grava y restos de hojas/madera donde haya animales mezclados. Para hacer esto de una manera más simple usted puede usar la botella atomizadora (llena de agua) para quitar las rocas grandes, las hojas, las ramitas y la madera y luego descartar estos objetos ya limpios.
6. Vacíe la red de acuario en una bandeja de agua poco profunda y agítela para distribuir la muestra de manera uniforme; luego use la red de nuevo para sacar otra pequeña porción (sub-muestra) de la colección. Arrastre la red contra el fondo de la bandeja para recoger también los animales que se encuentran en refugios hechos de minerales o sus propias conchas.
7. Coloque la sub-muestra en otra bandeja blanca con agua y use los fórceps o un cuentagotas para agrupar los organismos semejantes en los compartimientos de la bandeja para hielo. Empiece en un lado de la bandeja, tomando cada organismo que observe y continúe a lo largo de la bandeja hasta que se hayan escogido 100 organismos en total (*escoja cada uno que vea, grande o chico*). Tome submuestras adicionales si lo necesita hasta llegar a 100, pero asegúrese de contar todos los organismos presentes en la submuestra (aun si exceden 100). Conserve las bandejas para hielo llenas de agua fresca y en un lugar donde el sol no les dé directamente. Es recomendable tener bandejas adicionales para evitar que se atiborren y para poder realizar el conteo más fácilmente.
8. Identifique cada grupo según la **Guía de Ilustraciones de Invertebrados** (págs 14-17) y cuente e ingrese los números en la **Hoja de Datos de la Bioencuesta** (pág 19).
9. Opcional. Preserve la colección de organismos en un recipiente con alcohol y rotule con un lápiz o con un lapicero a prueba de alcohol (la etiqueta debe estar limpia, hecha de papel e incluir el nombre del arroyo, la ubicación del sitio, la fecha y muestra #1, 2 o 3). Consulte con especialistas en ecología de arroyos para obtener identificaciones verificadas o adicionales de los invertebrados recolectados.
10. Repita el muestreo completo dos veces más (en las siguientes zonas donde fluya la corriente aguas arriba). De esta manera las tres muestras tomadas permiten obtener una medición de

³ Cuando se toman muestras de sustratos mixtos en un arroyo de aguas turbias es mejor patear o frotar la superficie de las plantas, los troncos o el fondo del arroyo de la misma manera que en los arroyos rocosos, pero combine ambos tipos de sustratos (no los separe) para cada muestra y anote en la hoja de datos cuáles tipos de sustratos forman parte de cada muestra.

la variabilidad (cada una de las muestras debe contener recolecciones de ambos lados y del medio del arroyo.).

II. Evaluación del hábitat

Las observaciones de otras características ambientales le ayudarán a interpretar por qué pueden existir diferencias en los indicadores biológicos entre diferentes sitios en los arroyos. Dichas características del hábitat, tales como el tamaño de las rocas en el fondo del arroyo y si están parcialmente enterradas en el cieno (incrustadas), la condición del banco del arroyo, la cantidad de cobertura riparia, el ancho y profundidad de arroyo y el crecimiento de algas, pueden ayudarle a comprender mejor las causas de la degradación en la calidad del agua que se observa (use la **Lista de Control de las Características del Hábitat**, pág 18).

Para completar la lista de control usted debe observar una sección de aproximadamente 100 metros de largo del arroyo para estimar lo siguiente: el porcentaje de cobertura de los distintos tipos de sustratos que cubren el fondo; la cobertura de algas; las plantas acuáticas o las hojas/maderas descompuestas presentes; la cobertura de plantas riparias del lado del banco; y el rango de ancho y profundidad encontrado. ¿Cuál es el largo del área donde fluye la corriente rápidamente vs. el de las pozas? ¿Son los bancos estables o han sufrido erosión? ¿Puede usted medir el caudal usando un flotador y un cronómetro en un sector determinado del arroyo? ¿Cuál es la temperatura, el color y la composición química del agua? Necesitará una regla de un metro de largo, una cinta métrica, un termómetro y algunos *kits* de pruebas químicas que son optativos.

Clasificar la calidad del agua y la salud del arroyo con los datos que obtuvo

1. Para cada Grupo Indicador identificado en su Hoja de Datos de la Bioencuesta, asígnele una “puntuación S” (según la tabla a continuación), con base en la Abundancia y la categoría apropiada. Por ejemplo, si su hoja de trabajo dice que las efímeras, una categoría de insectos sensibles a su entorno, son comunes, la “puntuación S” es 5. Note que una proporción muy alta (dominación) de un grupo resultará en un puntaje menor que números moderados, aún para organismos sensibles.

TABLA DE PUNTAJES DEL ÍNDICE (valores S)

(Sistema de puntaje provisional para indicadores y para determinar la calidad del agua)

Abundancia	Categoría I Sensible	Categoría II Sensibilidad Intermedia	Categoría III Tolerante
Escasa (<5%)	3	2	1
Común (5-25%)	5	3	1
Dominante (>25%)	4	2	0

2. Refiriéndose a su Hoja de Datos, calcule el Índice Biológico de Calidad del Agua como la suma de los puntajes del índice de todas las categorías de indicadores. A continuación, usted puede asignar un nivel de calidad tomado de la Escala para Evaluar la Calidad del Agua. El Índice Biológico también puede usarse para contrastar con muestras previas o futuras

tomadas en el mismo sitio y determinar cómo ha cambiado la calidad del agua (vea Ejemplos de Cálculos).

Escala para Medir la Calidad del Agua (Provisional, úsela como una guía aproximada)

Índice Biológico	Puntaje	Descripción
<15	Pobre	Indica calidad del agua degradada y problemas en el hábitat que necesitan intervención.
15 – 20	Regular	Condiciones mejoradas pero todavía algo dañadas.
21 – 25	Bueno	Indica salud del arroyo levemente reducida.
>25	Excelente	Indica el mejor hábitat y calidad del agua para las condiciones biológicas presentes.

Ejemplos de cálculos para los Grupos de Indicadores:

	#	A	S
Efímera o cachipolla (<i>ephemeroptera</i>)	32	D	4
Mosca de piedra (<i>plecoptera</i>)	10	C	5
Friganea (<i>trichoptera</i>)	3	R	3
Gusano platelminto (<i>Clase turbellaria</i>)	4	R	2
Típula (<i>diptera</i>)	3	R	2
Friganea “red hilador” (<i>trichoptera hydropsychidae</i>)	13	C	3
Escarabajo elmidae (<i>coleoptera</i>)	30	D	2
Mosquilla o mosquita (<i>diptera</i>)	10	C	1
Total	100		22
Índice Biológico = 22	Calidad del Agua Puntaje = Bueno		

Para estos puntajes se supone que el arroyo usado como referencia tendría un puntaje excelente. Siempre que sea posible, las evaluaciones de calidad del agua deben estar basadas en comparaciones reales de referencia. Si un sitio de referencia no tiene un puntaje excelente, se deben de evaluar las condiciones de daño en otros sitios con relación a la norma establecida por esta referencia. Puede que ésta sea la condición que mejor se puede obtener si ya existe algún nivel de impacto en los sitios de referencia.

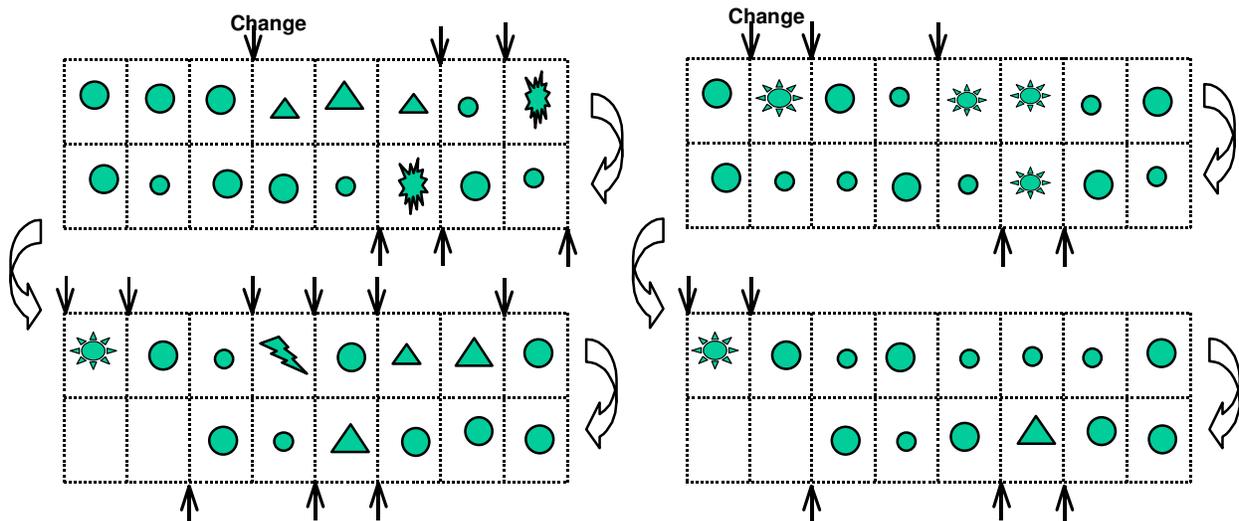
Otros Indicadores Biológicos (opcional):

1. Mida el rango de los tamaños (del más pequeño al más grande) de los organismos en cada grupo clasificado y lleve un registro en la hoja de datos (con frecuencia la contaminación puede eliminar a los invertebrados más grandes u ocasionar que los cuerpos de algunas especies sean más pequeños de lo que serían si vivieran bajo condiciones sin contaminación).
2. Calcule la proporción de los números en las categorías I y II a la categoría III (proporciones altas indican mejor calidad del agua).
3. Calcule el porcentaje del total que representa el grupo más dominante (si más del 50% del número total pertenece a un solo grupo de macroinvertebrados puede que esto señale una comunidad desequilibrada o perturbada).
4. El Índice de Comparaciones Secuenciales agrupa a los organismos por diferencias en su apariencia, sin que se requiera ningún conocimiento de las clases taxonómicas que representan esas diferencias.

Una medición simple de la diversidad: el Índice de Comparaciones Secuenciales (ICS)

Colecte una muestra y realice una submuestra como se describe en los pasos del 1 al 6 anteriormente. escoja al azar 50 organismos, pero en vez de organizarlos en grupos, dispóngalos de manera aleatoria en las celdas individuales de varias bandejas para hielo. Comenzando en la esquina de una de las bandejas y trabajando sistemáticamente a través de las filas, examine cada organismo y decida si se le asemeja al anterior o si es diferente. Utilice un pedazo de papel para llevar la cuenta del número de veces que hay un cambio entre organismos consecutivos y sume uno por la esquina. Este es el número de conteos de organismos similares. Después divida este número por el número total de organismos (50) para calcular el Índice de Comparaciones Secuenciales.

En la ilustración a continuación, cada una de las dos submuestras contiene 30 formas que representan diferentes tipos de organismos, y el primer conteo empieza en la celda superior izquierda. En la submuestra de la izquierda, el Índice de Comparaciones Secuenciales (ICS) es $15/30 = 0.50$. El ICS para la submuestra de la derecha es $10/30 = 0.33$. Si éstas fueran de la misma muestra, se sacaría un promedio para obtener un ICS más confiable para el sitio. Por lo general los sitios con mejor calidad del agua y hábitat tendrán puntajes del Índice de Comparaciones Secuenciales más altos.



Algunos consejos: las diferencias en tamaño no se toman en cuenta ya que podrían representar grupos de edad distintos dentro de una misma especie. Los insectos que han cambiado de piel recientemente pueden ser más pálidos pero generalmente tendrán el mismo patrón de marcas. Puede resultar más fácil empezar con los organismos inmóviles que han sido preservados en alcohol y una vez que sus habilidades de reconocimiento hayan mejorado intente clasificar animales vivos.

Posibles comparaciones de valores de indicadores biológicos

A continuación se presentan algunas maneras de comparar datos de monitoreo biológico con el fin de detectar áreas problemáticas, inventariar la calidad del agua en varias localidades y seguir la recuperación del hábitat (refiérase a los siguientes gráficos):

1. Compara el sitio evaluado con la tabla para evaluar la calidad del agua (una escala general para evaluar la calidad del arroyo).
2. Compara el sitio evaluado con aquello(s) de referencia seleccionado(s) para representar condiciones relativamente prístinas, (o con las mejores condiciones encontradas en el área en un arroyo similar, Gráfico 1).

3. Tendencias en el sitio donde se tomó la muestra a través del tiempo; lo que se observa antes y después de tratamiento para la calidad del agua con relación a los sitios de muestreo de referencia. (Gráfico 2).

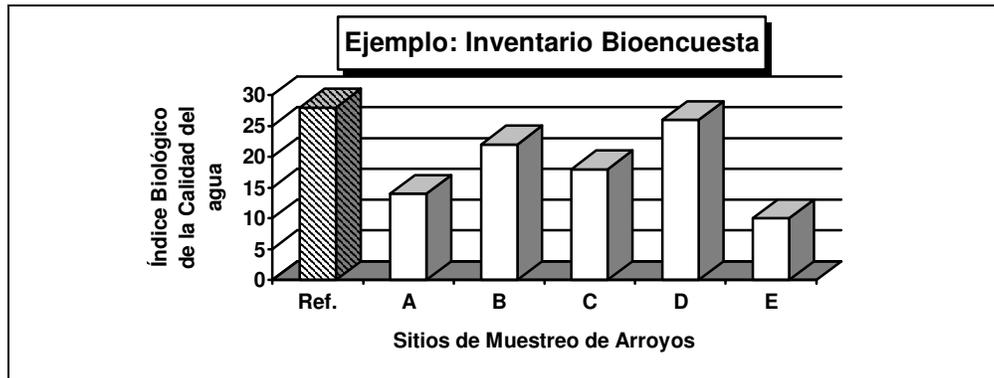


Gráfico 1. El uso de la Bioencuesta de los arroyos para inventariar la calidad de los arroyos en varios sitios y localizar áreas impactadas que pueden requerir protección ante daños de algún tipo. Ref. significa el sitio o sitios de referencias usados para establecer una línea de base para la calidad del agua. Este inventario muestra que las condiciones en los sitios A y E son pobres, en C y B son de regulares a buenas y en D son excelentes.

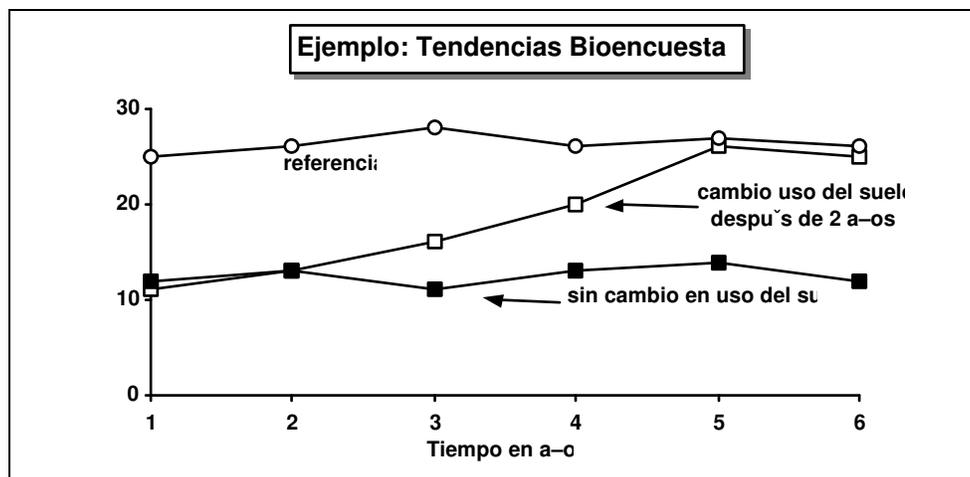
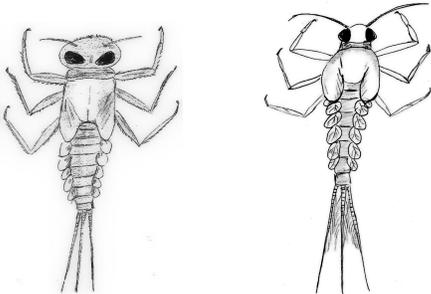
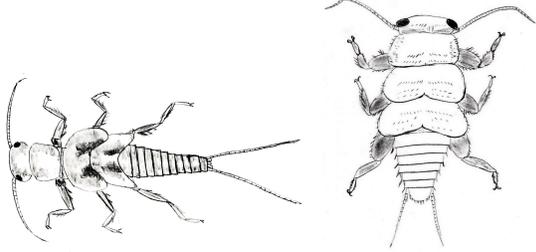
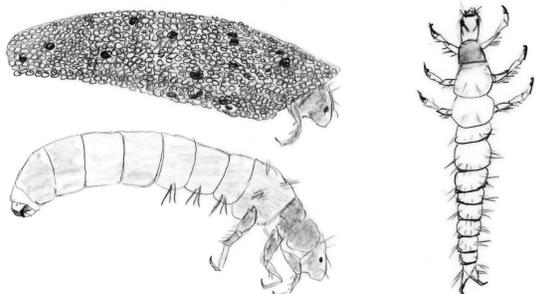
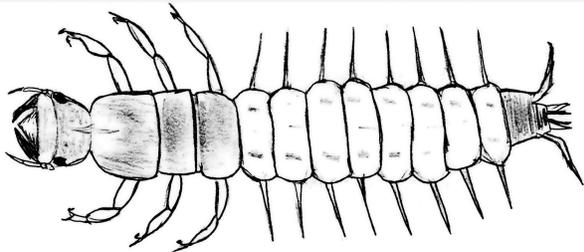


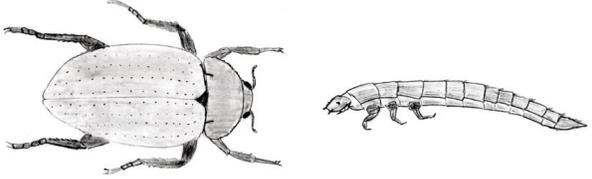
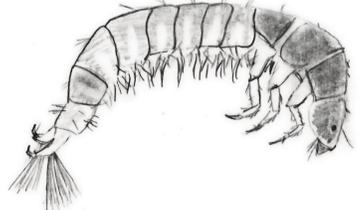
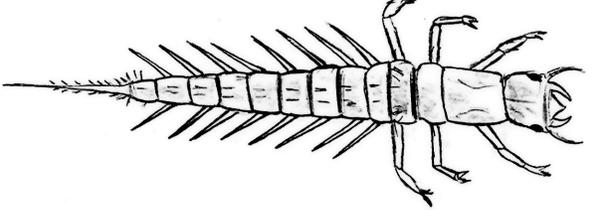
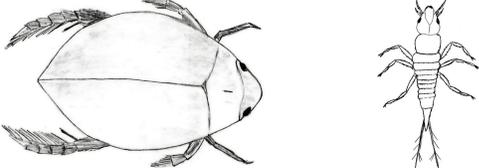
Gráfico 2. Muestra cómo la Bioencuesta para los arroyos puede ser usada para monitorear tendencias en la recuperación de los arroyos al comparar dos sitios impactados; uno que está bajo nuevas prácticas en el uso del suelo después de un segundo año de monitoreo. El gráfico muestra cómo las condiciones pueden mejorar con relación al sitio que no sufrió cambios y un sitio de referencia, a través del tiempo.

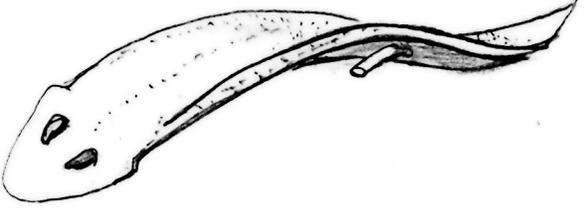
GUIA DE DIBUJOS DE INVERTEBRADOS

I. CATEGORIA DE INSECTOS SENSIBLES A SU ENTORNO FÍSICO

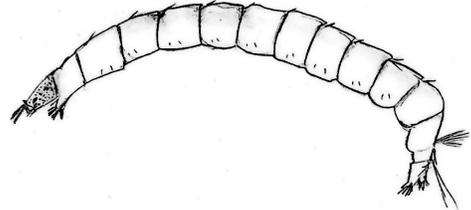
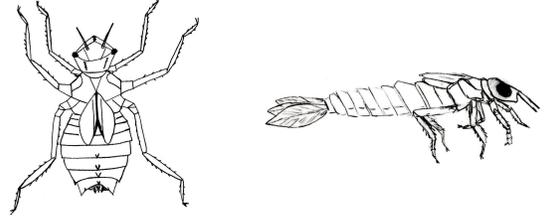
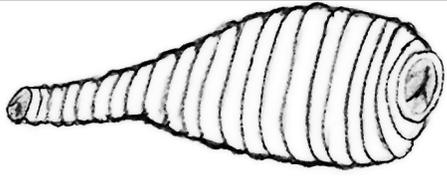
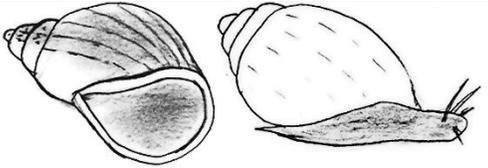
<p>Mayflies – Efímera/Cachipolla Insecto orden Ephemeroptera Usualmente tiene 3 colas, agallas en el abdomen y se alimenta de algas o partículas orgánicas (desechos). Tamaño: Usual- <u>5-10</u> mm, Rango- <u>2-15</u> mm</p>	
<p>Stoneflies – Moscas de Piedra Insecto orden Plecoptera Dos colas, agallas en el tórax pero no el abdomen. Grandes predadores y pequeños detritívoros (organismos que consumen los desechos orgánicos de las plantas y animales). Tamaño: Usual- <u>10-20</u> mm, Rango- <u>5-30</u> mm</p>	
<p>Caddisflies – Friganea Insecto orden Trichoptera Usualmente construye una capa dura a su alrededor, aunque también puede vivir sin una y se alimenta comúnmente de desechos orgánicos o algas. Tamaño: Usual- <u>5-10</u> mm, Rango- <u>2-25</u> mm</p>	
<p>Hellgrammites –“Fishflies”/ “Dobsonflies” Insecto orden Megalóptera, Familia Corydalidae Las larvas son grandes y predadores activos con las cabezas negras y grandes agallas a lo largo del abdomen. Tamaño: Usual- <u>20-30</u> mm, Rango- <u>10-70</u> mm</p>	

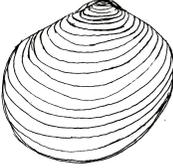
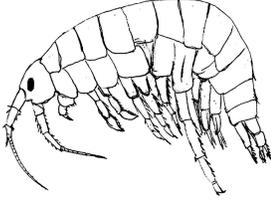
II. CATEGORIA DE SENSIBILIDAD MEDIA AL ENTORNO FÍSICO

<p>Riffle Beetles - Escarabajo elmidae Insecto orden Coleoptera, Familia Elmidae Los adultos y las larvas de estos pequeños y robustos escarabajos son marrón oscuro y se alimentan de desechos orgánicos y algas. Tamaño: Usual- <u>3-5</u> mm, Rango- <u>2-10</u> mm</p>	 <p style="text-align: center;">ADULTO LARVA</p>
<p>Net-Spinning Caddisflies – “Friganea Red Hilador” Orden Trichoptera, Familia Hydropsychidae Estas friganeas se sujetan a las rocas y tejen una red para capturar finas partículas de comida. Tamaño: Usual- <u>5-10</u> mm, Rango- <u>3-15</u> mm</p>	
<p>Alderflies – Mosca del aliso Orden Megaloptera, Familia Sialidae Predadores de tamaño mediano con filamentos y agallas a los lados y en la punta del abdomen. Tamaño: Usual-<u>5-15</u>mm, Rango-hasta <u>25</u> mm</p>	
<p>Crane Flies - títula y otros Diptera Insecto orden Diptera, Familia Tipulidae Larvas tipo gusano, con el cuerpo segmentado, agallas traseras con forma de dedos. Suelen alimentarse de desechos orgánicos. Tamaño: Usual- <u>5-10</u>mm, Rango- hasta <u>50</u> mm</p>	
<p>Otros Escarabajos de agua (Orden Coleoptera) Familias Dytiscidae e Hydrophilidae Los adultos son activos nadadores; tanto los adultos como las larvas son predadores o carroñeros. Tamaño: Usual <u>3-10</u> mm, Rango- <u>2-30</u> mm</p>	 <p style="text-align: center;">ADULTO LARVA</p>

<p>Flatworms (Class Turbellaria) – Gusano platelminto Orden Tricladida (Comúnmente Planarians) No segmentado, a menudo de color más oscuro en el cuerpo superior y más claro en el inferior, predadores y carroñeros. Tamaño: Usual-<u>5-10</u> mm, Rango- <u>3-20</u> mm</p>	
<p>Otros / Invertebrados desconocidos Contiene sobretodo insectos de grupos taxonómicos raros y a los que no son insectos que también deben ser contabilizados.</p>	<p>SIN DIBUJO</p>

III. CATEGORÍA DE INSECTOS TOLERANTES A LOS CAMBIOS EN SU ENTORNO

<p>Midges- mosquita/mosquilla Insecto orden Diptera, Familia Chironomidae Pequeña larvas de moscas, suelen alimentarse de partículas finas. Tamaño: Usual- <u>2-4</u> mm, Rango- <u>1-10</u> mm</p>	
<p>Blackflies - Moscas negras Insecto orden Diptera, Familia Simuliidae Cuerpo con forma de guitarra, filtra y se alimenta de partículas. Tamaño: Usual- <u>4-8</u> mm, Rango- <u>2-12</u> mm</p>	
<p>Dragon- and Damselflies - Libélulas y Damselflies Insecto orden Odonata Predadores de cuerpo robusto y mandíbulas extensibles. Tamaño: Usual- <u>10-15</u> Rango- <u>5-40</u> mm</p>	
<p>Leeches - Sanguijuelas Clase Hirudinea Cuerpo aplanado, segmentos y ventosa, predadores. Tamaño: Usual- <u>10-20</u> mm, Rango-<u>5-40</u> mm</p>	
<p>Snails - Caracoles Clase Gastropoda Caparazón en forma de turbán/espiral, se alimenta de algas. Tamaño: Usual-<u>5-10</u> mm, Rango- <u>2-20</u> mm</p>	

<p>Clams – Almejas Clase Bivalvia, Familia Sphaeriidae Conchas con pintitas negras y blancas, se alimentan de desechos orgánicos. Tamaño: Usual- <u>2-5</u> mm, Rango- <u>2-15</u> mm</p>	
<p>Scuds-Amphipoda Crustáceos de la orden Amphipoda Blanco-amarillo, planos, muchas patas, comida variada. Tamaño: Usual- <u>4-8</u> mm, Rango- <u>2-12</u> mm</p>	
<p>Segmented Worms – Annelida o Gusanos anillados Clase Oligochaeta Cuerpo redondo, muchos segmentos, se alimentan de desechos orgánicos. Tamaño: Usual-<u>3-10</u>mm, Rango-hasta <u>50</u> mm</p>	

LISTA DE CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT

(haga copias de esta hoja de datos para cada sitio de estudio)

Fecha:	Nombre del arroyo:	Lugar:
		Condado:
Observadores:	Nombre del grupo:	Supervisor:

Inspeccione 100 metros del arroyo. Mida el largo en metros (use una cinta métrica) de cada tipo de hábitat presente:

<u>Rabiones/Rápidos</u>	<u>Pozas</u>	<u>Canal con corriente sin rocas</u>
-------------------------	--------------	--------------------------------------

1. Tamaño de las partículas en el fondo del arroyo: haga un estimado del porcentaje de cobertura del área para cada categoría de partículas.						4. Tamaño del arroyo: en cm			
Porcentaje:	Partículas finas <0.25 mm	Arena 0.25-2 mm	Grava 2-65 mm	Guijarro 65-250 mm	Roca >250 mm	Orden del arroyo: (según el sistema de clasificación Strahler, use el mapa)			
<5%						<u>Ancho del agua:</u>			
5-25%						Mín	Max		
25-50%						<u>Ancho del canal:</u>			
>50%						Mín	Max		
2. Cobertura en el fondo del arroyo: haga un estimado del porcentaje del área del estudio cubierta por los diferentes tipo de plantas presentes:						<u>Rango profundidad a media corriente:</u>			
	Algas (película resbaladiz o hilos)	Ramitas y restos de hojas (<10 cm)	Restos leñosos (>10 cm)	Plantas acuáticas (con raíces)	Otro	Mín	Máx		
Porcentaje:						5. Porcentaje de grava y guijarros enterrados por el sedimento fino y/o arenoso			
<5%						<5%			
5-25%						5-25%			
25-50%						25-50%			
>50%						>50%			
3. Cobertura de los bancos del arroyo, pendientes y erosión: haga un estimado del porcentaje del área en ambos bancos para cada una de las siguientes categorías:									
Porcentaje	Pastos	Matorral	Árboles	Rocas	Suelo	Riberas socavadas	Empinado	Poco profundo	En proceso de erosión
<5%									
5-25%									
25-50%									
>50%									

Nota: ángulo ribera socavada = <90° respecto al agua; pendiente empinada = >90°-150°; Pendiente suave = 150°-180° plana respecto al agua

Flujo del agua: lento/suave moderado/con pequeños rápidos rápido/turbulento
o estimación de la velocidad de la corriente (usando un medidor o flotador con temporizador):

Promedio en cm / segundos: _____

Estimación de la descarga: _____ [velocidad promedio (cm/sec) X área del sitio de estudio (profundidad promedio x ancho, cm²)]

Mediciones de la calidad del agua (si hay kits de prueba disponibles):

Temperatura	Oxígeno Disuelto	Alcalinidad	Turbiedad	Otros?

Apariencia del agua: transparente turbia espuma aceites vercosa

Descripción de otras características ambientales alrededor como el paisaje y el terreno:

HOJA DE DATOS DE LA BIOENCUESTA PARA LOS ARROYOS DE CALIFORNIA

(Haga varias copias de esta hoja de datos, una para cada muestra.)

Fecha	Arroyo	Lugar	No. de Muestra
-------	--------	-------	----------------

Tipo de arroyo muestreado:

- Pequeños rápidos de fondo rocoso
- Canal/Cauce de fondo fangoso (Indique/marque con un círculo los tipos de sustratos muestreados: madera / banco / plantas / sedimento del fondo)

RECUESTO DE LOS GRUPOS DE INVERTEBRADOS INDICADORES

= Conteo (número real contabilizado en cada grupo, de un mínimo de 100 en total)

A = Categoría de Abundancia (R = rara/escasa <5%; C = común 5-25%; D = dominante >25%)

S = Puntaje del índice (de la Tabla de Puntajes del índice)

#	%		Categoría Sensible I
	A	S	
	—		Efímeras/ Cachipollas
	—		Moscas de Piedra
	—		Friganeas que no tejen redes
	—		Hellgrammites Dobson /Fishflies)

Puntaje Sumado

#	%		Categoría Intermedia II
	A	S	
	—		Escarabajo elmidae
	—		Friganea “red hilador”
	—		Moscas del aliso
	—		Típula y Otras Diptera
	—		Otros Escarabajos de agua
	—		Gusanos Platelminto
	—		Otros/ Invertebrados desconocidos

Puntaje Sumado

#	%		Categoría de Tolerancia III
	A	S	
	—		Mosquita/ mosquilla
	—		Moscas Negras
	—		Libélulas
	—		Sanguijuelas
	—		Caracoles
	—		Almejas
	—		“Scuds”
	—		Gusanos anillados

Puntaje Sumado

Índice Biológico de la Calidad del Agua = _____ [Puntajes sumados de las categorías I + II + III]

Índice de la Calidad del Agua [_____] (ver Tabla de Índices) Comparación al Índice de Referencia Biol. [____]

Número total de grupos contabilizados (todas las categorías) = _____

SCI –según sus siglas en inglés (Índice Secuencial de Comparación para n=50) = _____

Bibliografía Anotada

- D.M. Rosenberg and V.H. Resh (Eds). 1992. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall. [Revisiones técnicas de los estatus, enfoques y problemas relacionados con el monitoreo biológico.]
- J.L. Plafkin et al. 1989. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. USEPA, Office of Water (WH-553), publication EPA/444/4-89-01. [Esta fue la primera edición de esta publicación.]
- USEPA. 1999. Revisions to Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish. (2nd edition). EPA 841-B99-002. También disponible en la página web: <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/> [La primera edición presenta métodos detallados para la realización de varios niveles y tipos de bioanálisis, y contiene interpretación de los datos e historias de casos. La segunda edición añade nuevos protocolos alternativos e incluye ejemplos y antecedentes para llevar a cabo la evaluación del hábitat.]
- R.W. Merritt and K.W. Cummins (Eds.). 1995. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third edition, Kendall/Hall Publishing Company. [La referencia taxonómica general más completa que contiene claves, ilustraciones e información sobre la historia natural, la ecología de alimentación y el monitoreo biológico. Orientada a las evaluaciones conducidas a nivel profesional.]
- Oregon Department of Fish & Wildlife. 1992. The Stream Scene: Watersheds, Wildlife and People. [Proyecto educativo para cuencas del Oregon Department of Fish and Wildlife, P.O. Box 59, Portland, OR 97207]
- Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. 1997. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA 841 B 97-003. [Contiene antecedentes y procedimientos para realizar varios niveles de monitoreo biológico además de evaluaciones para el hábitat y la calidad del agua. Orientado a las necesidades de programas de monitoreo voluntario.]
- D.M. Lehmkuhl. 1979. How to Know the Aquatic Insects. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa. [Un excelente libro introductorio a la biología de los insectos acuáticos con claves de familias que son fáciles de utilizar, además de secciones sobre la anatomía y el uso de insectos como indicadores de contaminación.]
- W.P. McCafferty. 1981. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers, Boston (original publisher: Science Books International). [Escrito para “Pescadores y ecologistas”, este libro contiene ilustraciones útiles y claves de dibujos de insectos acuáticos, además de descripciones de los grupos de organismos comunes que no son insectos.]
- J. Harrington and M. Born. 2000. Measuring the Health of California’s Streams and Rivers. Sustainable Land Stewardship International Institute. Sacramento, California.
- V.H. Resh, M.J. Myers, and M.J. Hannaford. 1996. Macroinvertebrates as indicators of environmental quality. Pp. 647-667. In: Methods in Stream Ecology, ed. F.R. Hauer and G.A. Lamberti, Academic Press. [Introducción al hábitat del arroyo y el monitoreo de los invertebrados.]

Contactos y Recursos para Bioanálisis en California:

California Aquatic Bioassessment Workgroup. California Department of Fish and Game.

Internet: <http://www.dfg.ca.gov/cabw/cabwhome.html>

Clean Water Team. Watershed Pollution Prevention Section, Division of Water Quality, State Water Resources Control Board, 1001 I Street, Sacramento, CA 95814

Internet: <http://www.swrcb.ca.gov/nps/volunteer.html>

Agradecimientos:

Queremos agradecer a las siguientes personas por su contribución: Dominic Roques por su colaboración en la labor editorial y la planificación inicial de este documento; Jim Harrington, Marilyn Myers, y Chris Rosamond por las revisiones; Heather Perry por digitalizar y adaptar el tamaño de las imágenes; Peter Ode y Frazier Syme por proporcionar los datos para la prueba beta y a todas las personas que forman parte del “California Aquatic Bioassessment Workgroup” que han apoyado este proyecto con entusiasmo durante los últimos años. Finalmente, queremos agradecer a los usuarios de este documento. Los animamos a que nos ayuden a mejorar las ediciones futuras y compartan con nosotros sus recomendaciones, observaciones y sugerencias que surjan después de utilizar la Bioencuesta.

APENDICE: Bioencuesta de los arroyos de California: Resumen y Prueba Beta

Un enfoque simplificado para el monitoreo biológico de los arroyos

Resumen

Este enfoque simplificado para evaluar la calidad del agua o la integridad biológica de los arroyos involucra el uso de una guía de imágenes de los invertebrados de un arroyo donde se agrupan los organismos en 3 categorías: sensible, intermedia y de tolerancia a su entorno físico. Se asigna un puntaje ponderado a cada una dependiendo de su abundancia relativa y la suma de estos puntajes comparados con un índice de calidad del agua dividido en rangos de excelente, bueno, regular y pobre.

Este método está dirigido a los grupos voluntarios de monitoreo que están recibiendo su primera introducción al bioanálisis y que podrían verse involucrados en encuestas de arroyos por un tiempo limitado o para fines de una demostración. También está diseñado para ser utilizado en el plan de estudios de grupos escolares que realizan educación ambiental y prácticas científicas de campo. En estos casos, se puede recomendar este método porque:

- No involucra taxonomía (se requiere mínima o ninguna experiencia). Los invertebrados se clasifican en grupos utilizando como referencia una guía de imágenes.
- Estas muestras, que se basan en “captura y devolución” se clasifican y contabilizan en el campo. Luego se devuelve al arroyo (no es necesario preservar las muestras en alcohol y clasificarlas en el laboratorio/salón de clase).
- Se puede obtener un índice de la calidad del agua sin una muestra de referencia.
- La evaluación de la técnica se basa en series de datos obtenidos de toda California y estos muestran que los índices son altamente fieles a los índices generados en un bioanálisis más detallado de las mismas series de datos.

Prueba Beta

La Bioencuesta es una modificación de un enfoque utilizado en la región del atlántico medio de los Estados Unidos y descrita en los lineamientos de monitoreo para voluntarios de la Agencia de Protección Ambiental (*EPA Volunteer Monitoring Guidelines*). El enfoque presentado en ese documento no es apropiado para ser usado en California (debido a diferencias regionales en la ecología de los arroyos y la necesidad de ajustar el sistema de puntaje e índices) por lo que se desarrolló la Bioencuesta para los arroyos y se la evaluó utilizando series de datos obtenidos de toda California. Esta evaluación consistió en comparar la fidelidad de los índices de calidad del agua entre un análisis con mediciones múltiples de mayor resolución y la Bioencuesta simplificada y de menor resolución que se presenta en este documento.

- Los datos de 25 arroyos fueron obtenidos de diferentes fuentes, seleccionados de manera que representen un amplio rango de las condiciones de sitios donde se conoce el impacto de la contaminación hasta hábitats casi prístinos.
- Las series de datos fueron utilizadas para calcular las mediciones usadas en el bioanálisis con base en la resolución taxonómica a nivel de familia y género. Las cinco mediciones utilizadas contienen riqueza de grupos taxonómicos, riqueza EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), % de EPT, dominación (de un grupo taxonómico), y el índice biótico Hilsenhoff (HBI).
- A estas mediciones se les asignó un puntaje con base en una escala de porcentajes sobre el rango de los datos y se sumaron para formar un puntaje de mediciones múltiples para cada sitio. La suma de los valores se dividió en cuartiles (grupos representando el 25%) para el rango potencial de los datos (0-5), y clasificado como pobre, regular, bueno y excelente.
- De estos datos, basados en muestras de 300 organismos individuales, se realiza un análisis simple de datos de un recuento de 100 organismos (de esta manera se elimina del recuento cualquier grupo taxonómico que estuviera compuesto por menos del 1% del tamaño original de la muestra).

- Los grupos taxonómicos fueron asignados a los grupos correspondientes en la guía de imágenes, asignándoles ponderaciones de acuerdo con los siguientes grupos de indicadores y abundancia relativa y el total de puntajes clasificados:

Categorías para los grupos de organismos según su nivel de tolerancia (indicado en la guía de imágenes)

GRUPO	Nombre Común	Nombre Latino
Group I - Sensible	Efímeras/Cachipollas	Ephemeroptera
	Moscas de Piedra	Plecoptera
	Friganea (que no tejen redes)	Trichoptera (excepto Hydropsychidae)
	Fishflies/Dobsonflies	Corydalidae
Group II - Intermedio	Riffle Beetles	Elmidae
	Otros Escarabajos de Agua	Dytiscidae and Hydrophilidae
	Típula / otros Diptera	Tipulidae y otros
	Netspinning Caddisflies	Hydropsychidae
	Moscas del Aliso	Sialidae
	Gusanos Platelmino	Tricladida
	Otros/Invertebrados desconocidos	Sin determinar
Group III - de tolerancia	Mosquita/Mosquilla	Chironomidae
	Mosca negra	Simuliidae
	Libélulas o "Damselflies"	Odonata
	Sanguijuelas	Hirudinea
	Caracoles	Gastropoda
	Almejas	Sphaeriidae
	Gusanos Anillados	Oligochaeta
	Scuds	Amphipoda

PONDERACIONES DEL ÍNDICE:

Puntajes	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Raro/escaso (1-5%)	3	2	1
Común (5-25%)	5	3	1
Dominante (>25%)	4	2	0

Puntajes de clasificación de la calidad del agua según la Integridad Biológica

Excelente	>25
Bueno	21-25
Regular	15-20
Pobre	<15

Resultados de la Prueba Beta mostrados abajo. Los métodos concuerdan en 17 de 25 sitios. Cuando no concuerdan, el enfoque simple parece ser más conservador al evaluar la calidad del agua o la integridad biológica, asignando un puntaje generalmente solamente un rango por debajo y sobretodo cuando las mediciones múltiples clasificarían como excelente la calidad o cuando se encuentran en el límite entre dos rangos. Es poco probable que la Bioencuesta asigne un puntaje mejor a la calidad del agua.

