

# Validación de métodos rápidos de análisis para aguas dulces superficiales

## Validation of Quick Analysis Methods for Fresh Surface Waters



.....  
*Cristina Benavides-Benavides*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[cristinabenavidesb@gmail.com](mailto:cristinabenavidesb@gmail.com)

*Leonardo Mena-Rivera*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[leonardo.mena.rivera@una.cr](mailto:leonardo.mena.rivera@una.cr)

*Ilena Vega-Gúzman*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[ilenave@gmail.com](mailto:ilenave@gmail.com)

*Viviana Salgado-Silva*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[vivianaesalgado@gmail.com](mailto:vivianaesalgado@gmail.com)

*Juana María Coto-Campos*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[juanamariacoto@gmail.com](mailto:juanamariacoto@gmail.com)

*Daniela Rojas-Cantillano*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[drcantill@gmail.com](mailto:drcantill@gmail.com)

*Yency Vargas*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[vargasyency@gmail.com](mailto:vargasyency@gmail.com)

*José Ángel Rodríguez-Corrales*  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
[joserodriguez.una@gmail.com](mailto:joserodriguez.una@gmail.com)

Recibido: 09/23/2014 Aceptado: 06/28/2016  
.....



**Resumen:** La Universidad Nacional, por intermedio del Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico (LAMRHI), realiza proyectos de investigación-extensión en los cuales se caracterizan físico química y biológicamente las aguas superficiales en diferentes zonas del país. Acompañado a esta acción se procura involucrar a las comunidades cercanas al río para que entiendan los parámetros que se analizan en las aguas y realicen acciones de protección de los ríos. Para lograr lo anterior, se desarrollan talleres teórico prácticos, en donde grupos comunales y la población en general, analizan la calidad del agua utilizando un manual y un kit de análisis rápidos, desarrollado por el Laboratorio, basado en métodos cualitativos y semi-cuantitativos, que son de bajo costo, fácil ejecución e interpretación para los grupos que los utilicen. En él se incluyen los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, pH, fosfatos solubles, temperatura, y turbiedad. Un equipo diseñado especialmente para la realización de las pruebas en el campo y con apoyo de una bitácora, facilita la colecta de información para su posterior análisis y comparación con monitoreos anteriores. La aplicación de pruebas rápidas permite detectar cambios bruscos en las condiciones del río, la búsqueda de sus causas y efectos, además contribuye a la apropiación del proceso de gestión integral del agua por parte de la población, con mayores elementos cognitivos para la toma de decisiones. Asimismo, facilita la formación de redes de alerta que, en caso de requerirse, tienen acceso inmediato a instituciones científicas, académicas y de salud. El uso de métodos rápidos para la determinación de la calidad del agua superficial contribuye a la gestión del agua siempre y cuando se consolide un grupo gestor, responsable y capacitado para el la realización de las pruebas y para dar seguimiento a los resultados. El estudio describe en forma resumida la metodología y los resultados del Proyecto Validación de métodos rápidos de análisis para aguas dulces superficiales, incluyendo los procesos de capacitación a diferentes grupos de la sociedad civil, el uso y mejoramiento del kit, la validación de las pruebas y las modificaciones producto de la validación.

**Palabras clave:** recurso hídrico, métodos rápidos, gestión del agua.

**Abstract:** The Water Resources Management Laboratory ( LAMRHI) of the Universidad Nacional carries out research-social action projects which characterize physical, chemical and biologically superficial waters of different zones of the country. In addition to this action, the communities close to the river are involved in the activities in order to understand the parameters analyzed, so they carry out river protection actions. To accomplish that, workshops are carried out in which community groups and population, in general, analyze the water quality using a manual and a fast analysis kit developed at our laboratory based on qualitative and semi-quantitative methods, which are of low cost, easy realization and interpretation for them. Parameters like dissolved oxygen, pH, soluble phosphates, temperature and cloudiness are included. Equipment specially designed for field

tests and the support of a log book makes easier the information collection and its subsequent analysis and comparison with previous measures. The application of fast analysis allows the detection of abrupt changes in the river conditions, the search of causes and effects, in addition, contributes to the appropriation of the comprehensive water management process by the population with more cognitive elements to take decisions. Besides, it facilitates the formation of alarm networks, which, if they were needed, would have immediate access to scientific, academic and health institutions. It is always necessary the consolidation of a management group responsible and trained. This study describes the fast methods kit and the tests in it, the process of training and the validation tests.

**Keywords:** water resources, fast analysis kit, water management.

Costa Rica es un país con una enorme riqueza natural. Cuenta con 34 cuencas hidrográficas, con características bien definidas y asociadas con el régimen de lluvias. A pesar de tan importante patrimonio natural, el agua en el país y los recursos asociados a ella se encuentran en condiciones de alta vulnerabilidad. La alta tasa de deforestación, ocurrida en el pasado; los cambios en el uso del suelo, que alteran la capacidad de infiltración; los procesos erosivos; los deslizamientos naturales; la escorrentía y la sobre-explotación son algunas de las causas de la alteración del recurso.

El XVIII Informe del Estado de la Nación (2012) destaca que, a pesar de la alta cobertura del servicio de agua intradomiciliar en la población, aproximadamente 98% y 90,1% del suministro de agua potable, tenemos grandes debilidades en el tratamiento de aguas residuales y en la vigilancia de los cuerpos de agua ante amenazas de contaminación por agroquímicos y otras sustancias tóxicas.

El deterioro de las principales cuencas hidrográficas tiene su origen en el uso indiscriminado del recurso y las descargas incontroladas de contaminantes por parte de sectores productivos y de la sociedad en general, agravadas por la falta de control y monitoreo. La oferta hídrica se ve disminuida por la falta de condiciones adecuadas para su uso y se ha convertido en un factor limitante para el desarrollo, afectando principalmente actividades como la agricultura, la salud y calidad de vida de la población.

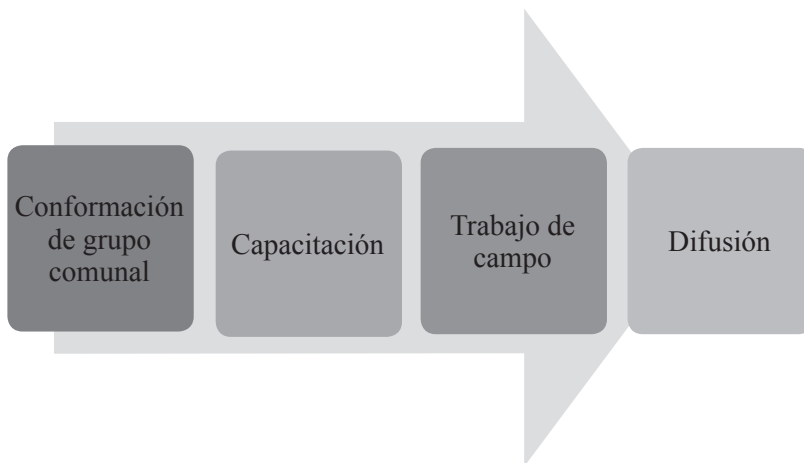
La gestión integrada y sostenible de agua se convierte en un proceso fundamental, en el que intervienen diversos factores: geofísicos, químicos, biológicos, sociales, económicos, culturales y políticos. La gestión sostenible del agua implica la interacción de diferentes actores, que aportan al proceso desde diferentes perspectivas y disciplinas de estudio, para la generación de

información y el establecimiento de estrategias de planificación y manejo del agua. Dentro de estos actores, los miembros de las comunidades, y los grupos organizados que de ellas surgen, tienen un papel relevante, porque son quienes conocen y conviven a diario con el recurso y, además, toman las decisiones sobre las actividades que se realizan a nivel local.

El diagnóstico y el seguimiento de la calidad del recurso son insumos fundamentales para la gestión; El laboratorio de manejo del recurso hídrico ha adoptado dos modalidades que se complementan entre sí. Una de ellas es el seguimiento mediante evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua usando métodos analíticos estandarizados, que se realiza al menos dos veces al año, en época seca y en época lluviosa. Otra es el uso de métodos rápidos de análisis, por grupos organizados que han recibido capacitación previa para dar seguimiento a las condiciones del río, detectar cambios bruscos en ellas y alertar a personal de investigación y autoridades.

Esta segunda estrategia favorece el involucramiento de grupos locales, factor indispensable en los procesos de gestión y se resume en los siguientes pasos (Benavides,2008):

1. Conformación de un grupo gestor: dicho grupo puede surgir de un grupo organizado ya establecido en la comunidad, preferiblemente conformado por hombres y mujeres, jóvenes y adultos.
2. Talleres de capacitación: en ellos se provee información relacionada con los parámetros para la determinación de la calidad del agua mediante pruebas rápidas y su impacto en los ecosistemas y en la calidad de vida de las poblaciones; se realizan sesiones de análisis de resultados; se identifican causas, efectos y posibles soluciones a las situaciones encontradas; se recibe la visita de expertos en temas de interés como legislación ambiental, gestión de desechos y otros.
3. Trabajo de campo: consiste en las giras de muestreo a diferentes puntos del río y actividad de monitoreo. Se utiliza una bitácora de campo para anotar los resultados y observaciones generales.
4. Difusión e intercambio: una vez que el grupo se ha capacitado, se procura el intercambio con otros grupos organizados para promover la formación de más grupos gestores.



*Figura 1.* Etapas de estrategia para el involucramiento de grupos comunales en procesos de gestión integrada y sostenible del agua.

### **Los métodos rápidos para el monitoreo de la calidad del agua:**

Son métodos cualitativos y semi cuantitativos. Indican ausencia o presencia, o rangos, en relación con el parámetro que se analiza. Son exclusivos para aguas corrientes y no para aguas para consumo humano. Se utilizan para determinar la calidad primaria en aguas contaminadas por materia orgánica y no por otras sustancias. Los materiales y el equipo que se utilizan para efectuar los análisis son de bajo costo y, en general, disponibles en todas las comunidades.

Para la elaboración de los métodos rápidos se definieron los parámetros más significativos en la valoración de la calidad del agua y se desarrollaron procedimientos para que los análisis fueran sencillos, de bajo costo y seguros. Luego se probaron los procedimientos contrastando con los análisis cuantitativos correspondientes; se elaboró el manual de campo, el manual del capacitador y se preparó un maletín, considerando aspectos de diseño, durabilidad, seguridad, fácil manejo, transporte y almacenamiento, entre otros. El equipo cuenta con un soporte para la colocación de los reactivos y materiales en el campo. Los reactivos se encuentran debidamente rotulados

y existe un protocolo para su uso y para disposición de residuos. A continuación se describen brevemente los parámetros incorporados en el manual:

**Oxígeno disuelto:** el método utilizado es una versión semicuantitativa del método Winkler. Es un método seguro y fácil de ejecutar.

**Temperatura:** lectura directa con termómetro ambiental.

**pH:** se utiliza papel indicador de pH para luego comparar con un código de colores.

**Turbiedad:** se compara la turbiedad de la muestra contra la de patrones incorporados en el kit que se pone a disposición del grupo.

**Fósforo soluble:** se determina la presencia de fósforo mediante el método colorimétrico usando cloruro de estaño y molibdato de amonio. Se compara con estándares establecidos previamente.

En el marco del proyecto *Validación de métodos rápidos de análisis para aguas dulces superficiales*, se hizo una exhaustiva revisión de los métodos y se validaron en 62 puntos de muestreo, confrontando sus resultados con los resultados obtenidos en el laboratorio.

## Metodología

### *Elaboración del Kit de métodos rápidos*

Para la elaboración del kit de métodos rápidos se establecieron primeramente los análisis a realizar, los cuales fueron: pH, temperatura del agua y del aire, turbiedad, oxígeno disuelto (OD) y fósforo soluble. Estos análisis se adecuaron a partir de los métodos establecidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 2005), de forma que fueran métodos rápidos, confiables y sencillos de realizar en el sitio de muestreo, obteniendo resultados inmediatos para evaluar la calidad de un cuerpo de agua. Un importante aspecto a considerar fue que el kit pudiera ser utilizado por personas de las comunidades.

A continuación se describe cómo se adecuaron cada uno de los métodos de análisis:

**pH:** Para la determinación de pH se estableció como método la utilización de papel indicador de pH con escala de colores que abarca un ámbito de pH de 0 a 14.

**Temperatura:** En la determinación de la temperatura del agua y del aire se utiliza un termómetro con cobertura plástica con un ámbito de temperatura de -20 a 50 °C.

**Oxígeno disuelto:** La determinación de OD se estableció según lo descrito en el 4500-O B. Método Yodo métrico (American Public Health Association, 2005), modificándolo a condiciones de medición en el sitio de muestreo. Para esto la muestra de agua se recolecta en una botella de vidrio de 250 mL y los reactivos se colocan en frascos goteros de fácil manipulación (Reactivo 1: sulfato de manganeso; reactivo 2: yoduro de potasio alcalino; reactivo 3: ácido sulfúrico; reactivo 4: tiosulfato de sodio; reactivo 5: almidón). Para realizar el análisis en la botella con la muestra se agrega un gotero del reactivo 1 y un gotero del reactivo 2, se agita y deja reposar por treinta minutos, después de transcurrido este tiempo se agrega a la botella un gotero del reactivo 3 y se agita hasta disolver el sólido café y el agua adquiere una coloración amarillo oscuro. Posteriormente, se vierte el contenido de la botella en un recipiente mezclador en donde se agrega gota a gota, y con suave agitación, el reactivo 4 hasta obtener una coloración amarillo pálido. En ese momento se añaden cuatro goteros del reactivo 5 y se observa una coloración azul, finalmente se continúa agregando gota a gota y agitando el reactivo 4 hasta que el agua pierda la coloración azul y se ponga trasparente. Las gotas añadidas del reactivo 4 se contabilizan para calcular el oxígeno disuelto en miligramos por litro, al dividir el número de gotas que se agregó entre 4. Este factor se estableció para una concentración establecida en el laboratorio de tiosulfato de sodio.

**Fosforo soluble:** El análisis de fósforo soluble se basó en el método espectrofotométrico 4500-P D. Método de cloruro de estaño (American Public Health Association, 2005), en el cual se genera un complejo de color azul al que se le determina su absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Spectronic. Su adaptación para el kit de métodos rápidos consistió en la elaboración de 7 patrones (0.05, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0) mg/L para la comparación de color de la muestra con los estándares y seleccionar el que presente la coloración más parecida. Los patrones de fosforo soluble preparados por este método son estables por un periodo de no más de 12 min, por lo que no fue posible llevar estos patrones al campo. Por esta razón se elaboraron patrones a partir de disoluciones madre de colorantes celeste, azul turco y verde, a base de dextrina, cloruro de sodio, sulfato de sodio y aceite mineral, en una concentración de 2 mg/mL.

A partir de las disoluciones madres de cada uno de los colorantes se realizaron diluciones mezclando los tres colorantes en diferentes proporciones hasta obtener la coloración más cercana a cada uno de los 7 patrones de fósforo soluble. En los sitios de muestreo la determinación del fósforo soluble con el kit de métodos rápidos consistió en colocar la muestra de agua en un vial al que se le agrega un gotero de molibdato de amonio y otro de cloruro de estaño (II), se deja reposar de 2 a 10 min y, por comparación con los estándares de colorantes, se establece la concentración.

**Turbidez:** La turbidez en el laboratorio se determina utilizando el 2130 B. Método nefelométrico (American Public Health Association, 2005) utilizando un turbidímetro Scientific, Inc., modelo Micro100. En el caso del kit de métodos rápidos para la determinación de la turbiedad, se prepararan 4 estándares de 5, 10, 50 y 100 NTU a partir de diluciones de un estándar de 4000 NTU. Este último estándar se preparó a partir de la medida de 5,0 g del patrón primario sulfato de hidracina ( $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ ) y 50 g de hexametilentetramina [ $(CH_2)_6N_4$ ] se diluyó a 1 litro con agua destilada. En los sitios de muestreo se colocó la muestra de agua en un vial y por comparación con los estándares se estableció el valor de turbidez de la muestra.

### ***Capacitación y aplicación del kit de métodos rápidos***

El kit de métodos rápidos se aplicó en 20 sitios de muestreo de los ríos: Pirro (Heredia), Burío-Quebrada Seca (Heredia), Cañuela (Alajuela), Corral de Piedra (Guanacaste) y Catalina (San José). Se analizaron con el kit un total de 62 muestras de agua.

Cada gira de muestreo se realizó con la participación de personal capacitado del Laboratorio del Recurso Hídrico (LAMRHI) en conjunto con miembros de las comunidades de Mercedes Sur y Corral Piedra, estudiantes y personal docente de los colegios Samuel Sáenz, Técnico Profesional de Mercedes Norte, Colegio Claretiano, Colegio Don Bosco, Colegio Carlos Pascua, Escuela Cubujuquí y Escuela Mercedes Norte, entre otras; así como miembros de comité de bandera azul de la comunidad Mercedes Sur y Santiago de San Rafael de Heredia. Con estos grupos se realizaron previamente jornadas de capacitación para luego aplicar los métodos rápidos en el campo.

### ***Validación de los métodos rápidos***

La validación de los métodos rápidos consistió en la realización de un análisis estadístico descriptivo, prueba de significancia estadística (Prueba T,



Prueba F y Prueba Q) y análisis de tendencia, a partir de la comparación de los resultados obtenidos con el kit de métodos rápidos y los resultados de los análisis realizados en el Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico.

## Resultados

### *Elaboración del Kit de métodos rápidos*

El resultado de la validación permitió mejorar las pruebas existentes. Por ejemplo, en la prueba de fósforo soluble se eliminó el patrón de 1,00 mg/L, quedando los estándares en 0,05 - 0,20 - 0,50 - 0,80 - 1,50 y 2,00 mg/L. En la prueba de turbiedad se modificó el estándar de 100 NTU por uno de 75 NTU. Se mejoraron los procedimientos de la totalidad de las pruebas y se incorporó la forma de disponer adecuadamente la poca cantidad de residuos sólidos y líquidos que se generan. Posteriormente se diseñó, con el apoyo de una empresa especializada, la caja o maletín para transportar el equipo. Esta caja está hecha de fibra de vidrio, con un recubrimiento que la protege en caso de derrame de alguno de los reactivos. Además, tiene diferentes compartimentos para la ubicación de los reactivos y los equipos, así como para colocar la bitácora de campo, el manual de instrucciones y los desechos sólidos y líquidos que se generen en el trabajo de campo.

La figura 2 muestra el diseño del kit para el trabajo de campo.

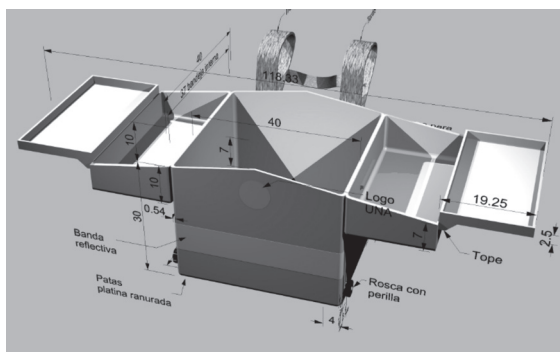


Figura 2. Diseño del kit de métodos rápidos para el trabajo de campo.

### *Capacitación y aplicación del kit de métodos rápidos*

Con el fin de lograr que el kit de métodos rápidos sea una herramienta importante para el involucramiento de diferentes grupos de la sociedad civil en

la gestión integrada del recurso hídrico, se diseñaron talleres de capacitación que permitieran el uso adecuado de este. Se realizaron dos tipos de talleres:

- Talleres introductorios que contemplaron contenidos teóricos más generales y tuvieron como finalidad motivar a los asistentes a participar e involucrarse en procesos de gestión integrada del recurso hídrico. Los talleres introductorios en la mayoría de los casos dieron lugar a la realización posterior del curso teórico-práctico.
- Cursos teórico prácticos o jornadas de capacitación. Estas jornadas consistieron de varios segmentos utilizando diversas técnicas didácticas: charlas magistrales; actividades participativas; gira de campo; aplicación de métodos de análisis de aguas, conducidas por un grupo interdisciplinario de profesionales: biólogos, químicos, educadores ambientales que laboran en el laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico. En muchas de estas jornadas se utilizó la temática “De las montañas al mar” tratando de seguir un río desde su nacimiento, en las montañas, hasta su desembocadura en otro río y de allí hasta el mar, analizando no solo sus variaciones en usos y calidad, sino también su impacto, especialmente en el Golfo de Nicoya. Para la realización de las jornadas de capacitación fue necesaria, en algunos de los casos, la articulación de esfuerzos con otras instancias gubernamentales y no gubernamentales como el Ministerio de Educación y empresas privadas, con el fin de lograr en conjunto propósitos comunes.

Para la realización de estos talleres se elaboró material didáctico y se prepararon hojas de campo para la recolección de los datos.

Se realizaron 10 talleres introductorios y 10 jornadas de capacitación con grupos de Bandera Azul en Heredia, colegio Carlos Pascua, colegio Samuel Sáenz, colegio Técnico Profesional de Mercedes Norte (CTP), dos grupos de 26 docentes de la microcuenca del Río Burío Quebrada Seca, CEUNA, Escuelas de Cubujuquí y Mercedes Sur y pobladores de Corral de Piedra.

### ***Validación de los métodos rápidos: análisis estadístico***

#### *Comparación de los métodos rápidos (MR) con los métodos de laboratorio (ML)*

Se analizó la concentración de oxígeno disuelto, fósforo soluble, pH y turbidez en una muestra realizando 7 repeticiones, con el fin de calcular la repetibilidad (desviación estándar relativa) y comparar las medias de ambos métodos.

Tabla 1

*Resultados de la estadística descriptiva*

<i>Parámetro</i>	<i>pH MR</i>	<i>pH ML</i>	<i>NTU MR</i>	<i>NTU ML</i>	<i>O2 MR</i>	<i>O2 ML</i>	<i>Fósforo MR</i>	<i>Fósforo ML</i>
Media	6.85	6.75	9.29	10.86	2.61	2.81	0.829	1.029
Desviación estándar	0.38	0.09	1.890	0.201	0.24	0.19	0.076	0.019
Varianza de la muestra	0.14	0.01	3.571	0.040	0.06	0.04	0.006	0.000
<b>Desviación estándar relativa</b>	<b>5.51</b>	<b>1.30</b>	<b>20.35</b>	<b>1.851</b>	<b>9.36</b>	<b>6.80</b>	<b>9.123</b>	<b>1.879</b>

Se aplicó una prueba t a un 95 % de confianza para evaluar si existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de ambos métodos. Antes de aplicar la prueba t se realizó una prueba F para comparar la desviación estándar de los métodos, los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

*Comparación de medias*

	<i>pH MR</i>	<i>pH Lab</i>	<i>O2 MR</i>	<i>O2 Lab</i>
Media	6.857	6.754	2.607	2.790
Varianza	0.143	0.008	0.060	0.033
Estadístico t	0.701		-1.593	
P(T<=t) una cola	0.248		0.069	
Valor crítico de t (una cola)	1.782		1.782	
P(T<=t) dos colas	0.496		0.137	
Valor crítico de t (dos colas)	2.179		2.179	
<b>Resultado</b>	<b>No hay diferencia</b>		<b>No hay diferencia</b>	
	<i>Fósforo MR</i>	<i>Fósforo Lab</i>	<i>NTU MR</i>	<i>NTU Lab</i>
Media	0.829	1.029	9.286	10.864
Varianza	0.006	0.000	3.571	0.040

continúa

Estadístico t	-6.809	-2.198
P(T<=t) una cola	0.000	0.035
Valor crítico de t (una cola)	1.895	1.943
P(T<=t) dos colas	0.000	0.070
Valor crítico de t (dos colas)	2.365	2.447
<b>Resultado</b>	<b>No hay diferencia</b>	<b>No hay diferencia</b>

*Análisis de tendencias entre los resultados obtenidos por métodos rápidos (MR) y métodos de laboratorio (ML)*

Se generaron gráficos en donde se compara la tendencia de los resultados obtenidos por ambos métodos. En cada una de las gráficas, la línea azul corresponde a los resultados de métodos rápidos (MR) y la línea roja corresponde a los métodos de Laboratorio (ML). En la figura 3 las variaciones están relacionadas a que el método utilizado en el kit es cuantitativo, pero está sujeto al criterio del que observa la escala de pH del papel indicador, la cual va de 2 a 14 unidades de pH. La mínima diferencia que se observa en la escala es de 1 unidad de pH. Por el contrario el método utilizado en el laboratorio consiste en un pHmetro que permite lecturas con dos decimales.

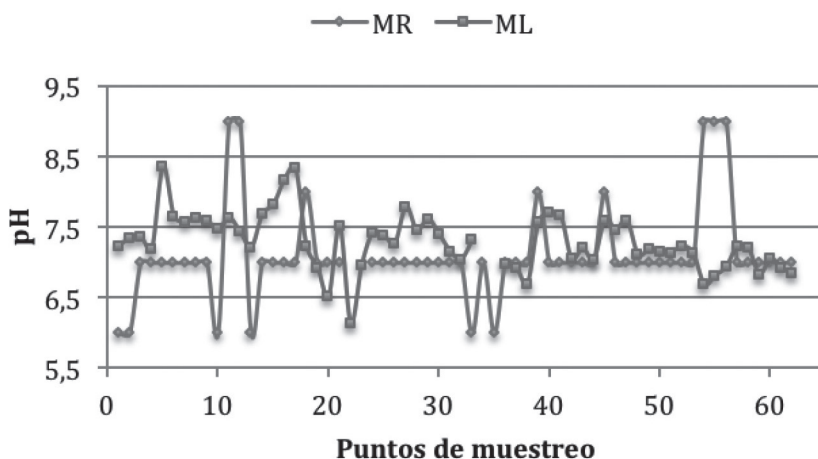


Figura 3. Análisis de tendencias entre los resultados obtenidos por métodos rápidos (MR) y métodos de laboratorio (ML), para la prueba de pH.

El comportamiento de los datos de oxígeno disuelto (figura 2), tanto en los métodos rápidos como el método de laboratorio, es muy similar. El análisis estadístico demuestra que no existe diferencia significativa entre ambos métodos.

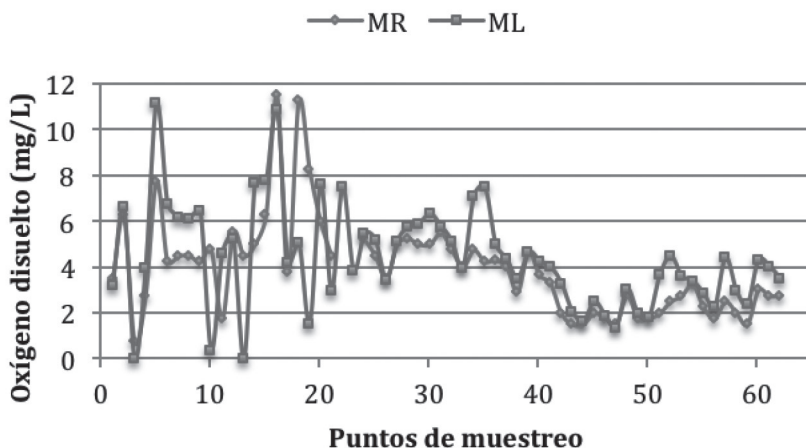


Figura 4. Análisis de tendencias entre los resultados obtenidos por métodos rápidos (MR) y métodos de laboratorio (ML), para la prueba de oxígeno disuelto.

En la figura 5 se presentan las tendencias entre los resultados obtenidos por métodos rápidos (MR) y métodos de laboratorio (ML), para la prueba de turbidez. Las variaciones observadas en esta prueba están relacionadas con la apreciación del color de la muestra con los estándares. A pesar de que las variaciones entre las concentraciones de los estándares (5, 10, 50 y 100 NTU) son amplias, visualmente cuesta apreciar la diferencia entre la tonalidad de los mismos. Para determinar la turbidez de las muestras en el laboratorio se utilizó un turbidímetro con una resolución digital de 0,01. Las diferencias entre los datos de ambos métodos radican en la capacidad de detectar pequeñas variaciones entre uno y otro.

Existen tres factores que influyen en la determinación de fósforo soluble utilizando el kit de métodos rápidos: el color de la muestra de agua (relacionado con la turbidez), la destreza en la comparación del color entre los patrones y la muestra, por último, el tiempo de reacción para generar el complejo coloreado de azul de molibdeno (esta relacionado con la intensidad del color).

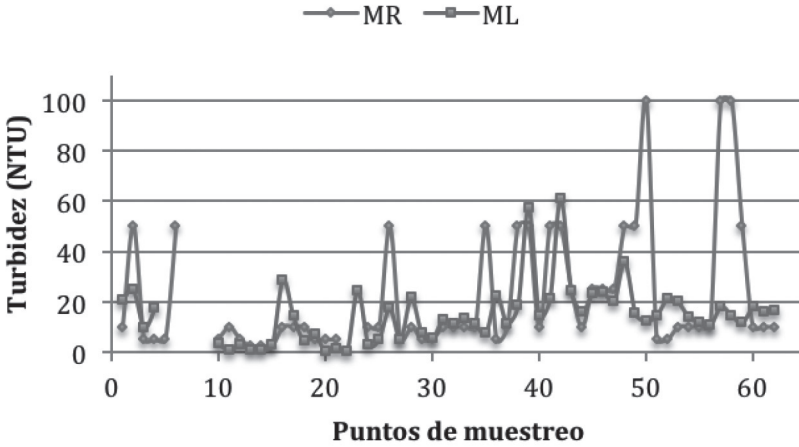


Figura 5. Análisis de tendencias entre los resultados obtenidos por métodos rápidos (MR) y métodos de laboratorio (ML), para la prueba de turbidez.

Otro de los factores que se deben valorar, y que está relacionado con la variación en los resultados por ambos métodos, es que el método propuesto en el kit tiene un ámbito de trabajo de 0,2 a 1 mg/L; en los análisis realizados durante los muestreos varias muestras (45 a 49) presentaron concentraciones mayores a ese valor.

Esta es la única prueba en donde existe una diferencia estadísticamente significativa entre el método rápido y el método de laboratorio. Estas diferencias se muestran claramente en la figura 6.

Es importante resaltar que la persona que realiza el análisis utilizando el kit de métodos rápidos debe estar previamente capacitada, para que cuente con criterio suficiente para realizar la comparación de colores entre la muestra y los estándares.

Se recomienda incorporar un método de filtración sencillo y de bajo costo previo al análisis de fósforo soluble.

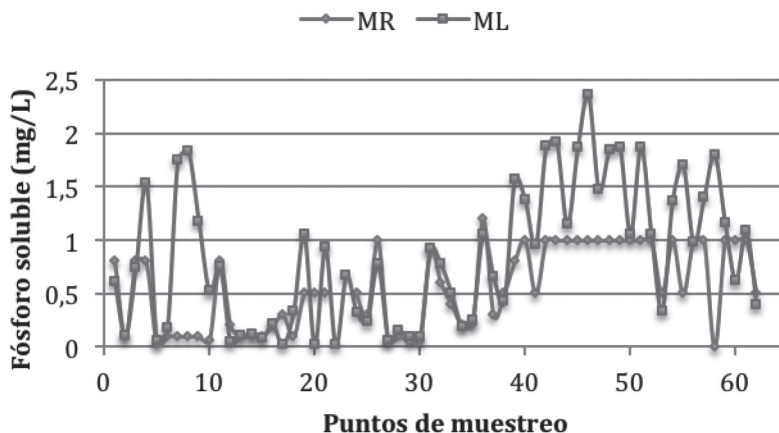


Figura 6. Análisis de tendencias entre los resultados obtenidos por métodos rápidos (MR) y métodos de laboratorio (ML), para la prueba de fósforo soluble.

### Prueba de sulfatos

La prueba de sulfatos se diseñó para que se detectara una concentración mínima de 250 mg/L. Sin embargo solo en 8 de los 62 ensayos realizados se obtuvo un resultado positivo. Estos resultados indican que no es recomendable incluir el parámetro de sulfatos dentro del kit de métodos rápidos, ya que el valor mínimo detectable es muy alto. Al tratarse de un método gravimétrico en donde la presencia o ausencia del analito se determina cualitativamente por la formación de un precipitado, la concentración de 250 mg/L es la mínima que debe existir para poder observar la formación del mismo.

### Conclusiones

Los métodos rápidos son una herramienta diseñada en su totalidad por los funcionarios y funcionarias del Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico. Esta herramienta permite lograr el involucramiento de las personas de las comunidades en la protección del recurso hídrico. Sin embargo, sus resultados deben de acercarse, en rangos, a los valores reales, de análisis analíticos de laboratorio, por lo que validarlos fue una acción necesaria para que estos sean confiables.

El proyecto permitió la participación de grupos muy diversos, entre ellos, estudiantes de colegios, públicos y semioficiales, profesorado, miembros de la sociedad civil y miembros de Bandera Azul. Estos grupos mostraron interés en darle seguimiento a actividades que promuevan el uso racional y la protección de los recursos naturales, en especial el recurso hídrico. Esto permitirá en un futuro cercano establecer una red de alerta sobre las condiciones de los ríos y, en especial, del río Burío-Quebrada Seca.

El análisis estadístico estableció información muy importante para definir cuáles de los métodos rápidos son significativos y deben de permanecer en el kit. Es así como el análisis de sulfatos, fue descartado, porque esta prueba se diseñó para que se detectara una concentración mínima de 250 mg/L. Sin embargo, solo en 8 de los 62 ensayos realizados se obtuvo un resultado positivo. Esto indica que no es recomendable incluir el parámetro de sulfatos dentro del kit de métodos rápidos, ya que el valor mínimo detectable es muy alto. Al tratarse de un método gravimétrico en donde la presencia o ausencia del analito se determina cualitativamente por la formación de un precipitado, la concentración de 250 mg/L es la mínima que debe existir para poder observar su formación.

La prueba de oxígeno disuelto, una de las más llamativas e importantes para analizar el agua, no dio una diferencia significativa entre los valores encontrados en los métodos rápidos y los de laboratorio, por lo tanto, esta se mantuvo por el excelente resultado. En esta prueba se trabajó en forma exhaustiva para lograr las concentraciones adecuadas de las sustancias utilizadas.

Los resultados en la determinación de fósforo soluble utilizando el kit de métodos rápidos dependen del color de la muestra de agua (relacionado con la turbidez), la destreza en la comparación del color entre los patrones y la muestra; por último, el tiempo de reacción para generar el complejo coloreado de azul de molibdeno (esta relacionado con la intensidad del color). Además, otro factor a considerar es que el método propuesto en el kit tiene un ámbito de trabajo de 0,2 a 1 mg/L; en los análisis realizados durante los muestreos varias muestras (45 a 49) presentaron concentraciones mayores a ese valor. Para solventar las dificultades en esta prueba se incluyeron en el kit nuevos estándares que permitan la comparación del color en muestras de río con grandes concentraciones de fosforo soluble; también se ha incluido un cronómetro para medir el tiempo de reacción adecuadamente. Esta es la única prueba en donde existe una diferencia estadísticamente significativa entre el método rápido y el método de laboratorio.



En la prueba de turbiedad, a pesar de que las variaciones entre las concentraciones de los estándares (5, 10, 50 y 100 NTU) son amplias, visualmente cuesta apreciar la diferencia entre la tonalidad de estos. Para determinar la turbidez de las muestras en el laboratorio se utilizó un turbidímetro con una resolución digital de 0,01. Las diferencias entre los datos de ambos métodos radican en la capacidad de detectar pequeñas variaciones entre uno y otro. Se recomienda agitar los estándares antes de hacer la comparación con la muestra de agua.

La validación de los métodos muestra que el kit brinda resultados muy cercanos en rangos a los resultados de laboratorio. Es importante resaltar que las personas que realizan los análisis utilizando el kit de métodos rápidos deben estar previamente capacitadas, de manera que posean el criterio suficiente para la realización adecuada de los análisis en el campo, la interpretación de los datos y para la comparación de colores entre la muestra y los estándares.

*Un especial agradecimiento al Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), por brindar financiamiento para la ejecución de este proyecto académico.*

## Referencias

- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [Métodos estandarizados para el análisis de aguas y aguas residuales]* (21th Edition). Washington, D.C: APHA-AWWA-WEF United States of America.
- Benavides A. C. y Coto, J.(2008). *Participación Comunitaria en el diagnóstico de la calidad del agua en el Río Burío, Heredia, Costa Rica*. Congreso Internacional Gestión Sostenible del agua: Reutilización, Tratamiento y Evaluación de la Calidad, Colombia. Publicada en versión digital. ISBN: 978-958-44-3709-9.
- Programa Estado de la Nación (2012). *Decimoctavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, Costa Rica. Programa Estado de la Nación.
- Segura, O, Miranda, M, Astorga, Y, Solano, J , Salas, F, Gutiérrez, M., ... Céspedes, M. (2004). *Agenda ambiental del agua en Costa Rica*. Heredia: EFUNA. 192p