

## Calidad para el riego de las aguas del río San Pablo, cantón Babahoyo, Ecuador



### Water Quality for Irrigation of San Pablo River, Babahoyo Municipality, Ecuador

<http://opn.to/a/jrsfO>

Magister Oscar G. Caicedo-Camposano <sup>I\*</sup>, Dr.C. Carlos E. Balmaseda-Espinosa <sup>II</sup>, Ing. Juan E. Tandazo-Garcés <sup>III</sup>, Magister Eleonora M. Layana-Bajaña <sup>IV</sup>, Magister Viviana L. Sánchez-Vásquez <sup>I</sup>

<sup>I</sup>Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, cantón Babahoyo, Ecuador.

<sup>II</sup>Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias, Península de Santa Elena, Ecuador.

<sup>III</sup>Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela de Posgrado, Manabí, Ecuador.

<sup>IV</sup>Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ecuador.

**RESUMEN:** Se evaluó la aptitud de las aguas del río San Pablo, en el cantón Babahoyo, de la provincia Los Ríos, Ecuador con el propósito de emplearlas en el riego de cultivos agrícolas. Para el estudio se tomaron ocho puntos que constituyen tomas de agua para riego agrícola. El muestreo se hizo en los períodos seco y húmedo. La calidad de las aguas se definió en función de indicadores propuestos por FAO e índices específicos para el riego agrícola como son: salinidad efectiva, salinidad potencial, relación de adsorción de sodio ajustada, porcentaje de sodio posible, porcentaje de sodio disuelto y el Índice de Langelier. Los resultados indican que en la época seca las aguas no son aptas para la agricultura, sin embargo, en este período se deben garantizar las necesidades hídricas de los cultivos con el riego.

**Palabras clave:** Aptitud de las aguas para el riego, conductividad eléctrica, salinidad, relación de adsorción de sodio.

**ABSTRACT:** Water suitability for irrigation of San Pablo River, in Los Rios Province was evaluated. For the study, eight points that constitute takings of water for agricultural irrigation were considered. Sampling was made in drought and humid periods. Water quality was defined in function of indicators proposed by FAO and specific indexes for the agricultural irrigation like effective salinity, potential salinity, adjusted sodium adsorption ratio, percent of possible sodium, percent of dissolved sodium and the Index of Langelier. The results indicate that, in the dry season, waters are not suitable for agriculture, however, in this period the hydric necessities of cultivations should be guaranteed with irrigation.

**Keywords:** Water suitability for irrigation, electric conductivity, salinity, sodium adsorption relation.

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible será definido por la disponibilidad y calidad del agua, si se tiene en consideración que es un elemento vital para la existencia de todos los seres vivos y aun no existe otro elemento o sustancia que la sustituya (Troballes, 2015).

La cantidad y calidad de las aguas, son parámetros que componen el sistema ambiental para el cálculo del índice de sostenibilidad ambiental, que considera la habilidad de los países para salvaguardar el medio ambiente en el futuro (García, 2017). Esos indicadores son reconocidos por la Organización Mundial de las Naciones Unidas para definir desarrollo sostenible. De ahí la importancia de su estudio en las cuencas hidrográficas.

\*Autor para correspondencia: Oscar G. Caicedo-Camposano, e-mail: [ocamposano@utb.edu.ec](mailto:ocamposano@utb.edu.ec)

Recibido: 22/09/2018

Aceptado: 29/04/2019

La calidad del agua no es un parámetro fijo, sino que está sujeta a variación espacio-temporal. Por otra parte, en dependencia del tipo de uso así son los umbrales de las variables que se determinan. Los requerimientos para el consumo humano son mucho más exigentes que en el caso de uso para la producción agrícola y pecuaria ([ICB Editores, 2017](#)). En esta investigación se fundamenta la calidad de las aguas superficiales empleadas en el riego agrícola.

La calidad de las aguas de fuentes superficiales se ve afectada por diversos factores, principalmente de origen antrópico. Tal es el caso de focos contaminantes puntuales como las industrias y asentamientos poblacionales que vierten sus aguas residuales en ríos y arroyos, así como de los focos de contaminación difusa, por ejemplo, la agricultura de altos insumos cuyos efluentes llegan a los cursos de agua a través de los escurrimientos superficiales y subterráneos ([Firdaus et al., 2014](#)).

Al mismo tiempo, esa agricultura necesita del regadío. Por tanto, es necesario conocer qué calidad tiene el agua que se aplica en el riego para evitar la degradación de los suelos, la afectación de los cultivos y su posible incidencia en la salud humana ([Porta et al., 2014](#)).

Ante tal situación surge la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua, la cual se refiere a su composición y la medida en que es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y antrópicos ([Severiche y Barreto, 2013](#)). La calidad en su sentido más estricto es definida por tres criterios fundamentales: la salinidad, la sodicidad y la toxicidad ([Pizarro, 1985](#)).

La calidad de las aguas se evalúa partiendo del análisis de laboratorio donde se determinan propiedades físicas, químicas y biológicas fundamentales y derivadas. Ejemplo de las primeras son: temperatura, pH, conductividad eléctrica, contenido de aniones y cationes, metales pesados, coliformes totales y fecales, entre otras. Las variables derivadas pueden ser diversas, entre ellas están: salinidad efectiva, salinidad potencial, relación de adsorción de sodio, porcentaje de sodio posible, porcentaje de sodio disuelto e Índice de Langelier ([Balmaseda y García, 2013](#)).

En la región de la costa ecuatoriana existen zonas en las que los cursos de agua están contaminados por la actividad minera, los agrotóxicos que se emplean en la agricultura para el control de plagas de insectos, malezas y enfermedades de los cultivos, los desechos de los asentamientos poblacionales y de las industrias, entre otras posibles causas ([González, 2015](#)).

Las precipitaciones en la zona de Babahoyo, provincia Los Ríos, Ecuador, superan los 2000 mm en la mayoría de los años registrados. La problemática radica en que la distribución temporal de esas lluvias tiene la misma tendencia del país, según registros de 24 años tomados la Estación Meteorológica ubicada en la Universidad Técnica de Babahoyo. El promedio mensual de enero a abril es de 456,8 mm, mientras de mayo a diciembre el promedio es de 43,8 mm. De ahí la importancia del regadío de los cultivos agrícolas en el período seco ([Bonilla et al., 2013](#); [Bonilla, 2015](#); [Caicedo et al., 2015, 2017](#); [Guerrero, 2015](#); [Rodríguez y Silva, 2015](#)).

Para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos de la región de Babahoyo una fuente de abasto fundamental es el río San Pablo, sin embargo, no existen estudios previos que demuestren cuál es su calidad. Por tal motivo el objetivo de este trabajo es evaluar la calidad de las aguas de este curso fluvial y de esa manera determinar su aptitud para el riego agrícola.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza entre las coordenadas geográficas 1°48'15.2"S 79°28'12.8"W y 1°49'23.5"S 79°33'49.5"W del datum PSAD 56, en la ciudad de Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador.

El muestreo se realizó en tomas de agua para riego, ubicadas aguas arriba y aguas debajo de la ciudad de Babahoyo como se muestra en la [Tabla 1](#) y la [Figura 1](#).

El volumen tomado por cada fuente fue de 2,5 litros, para facilitar la realización del análisis, según el Manual de Técnicas Analíticas elaborado por [Paneque et al. \(2005\)](#).

Sitios del 1 al 4, se ubican aguas arriba de la ciudad de Babahoyo, mientras que del 5 al 8, se localizan aguas debajo de esa población.

El muestreo se hizo en los sitios mencionados, tanto en época húmeda como en la seca, los días

**TABLA 1.** Puntos de muestreos en el río San Pablo

Sitios de muestreo	Coordenadas
P1	1°48'15.2"S, 79°28'12.8"W
P2	1°47'43.3"S, 79°28'50.4"W
P3	1°48'18.3"S, 79°29'31.7"W
P4	1°48'20.2"S, 79°30'29.6"W
P5	1°48'25.8"S, 79°32'50.4"W
P6	1°48'46.0"S, 79°32'59.2"W
P7	1°49'18.1"S, 79°33'21.5"W
P8	1°49'23.5"S, 79°33'49.5"W



**FIGURA 1.** Ubicación espacial de los puntos de muestreo.

03 de marzo y 10 de noviembre del 2017, respectivamente. Estas fechas constituyeron momentos significativos en el año por los volúmenes de agua disponibles durante el período húmedo (grandes avenidas) y por ser el momento de máximo estiaje en el período seco.

Las determinaciones de pH se realizaron con un potenciómetro de lectura directa, método electrométrico; la conductividad eléctrica se determinó con un conductímetro a 25° C, los resultados se expresan en dS.m<sup>-1</sup>, método electrométrico.

Las determinaciones de calcio, sodio, magnesio, potasio, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, se hicieron según métodos estandarizados para el análisis físico-químico en el Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas de la Estación Experimental del Litoral Sur del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Para determinar la aptitud del agua para el riego se utilizaron los siguientes criterios:

- Directrices de la FAO para determinar la calidad de las aguas para la agricultura ([Ayers y Westcot, 1985](#)).
- Análisis de indicadores derivados relacionados con el riego:
- Salinidad efectiva (SE):
  - a. Si el  $Ca^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$  entonces:
 
$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-})$$
  - b. Si el  $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$  pero  $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$  entonces:  $SE = \sum Ca^{2+}$
  - c. Si el  $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$  pero  $Ca^{2+} + Mg^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^-$  entonces:
 
$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$$
  - d. Si el  $Ca^{2+} + Mg^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$  entonces:
 
$$SE = \sum (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$
- Salinidad Potencial (SP):  $SP = Cl^- + \frac{so_4^{2-}}{2}$

- Relación de Adsorción de Sodio ajustada

$$(RASx): RASx = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

- Porcentaje de sodio posible:  $PSP = \frac{Na}{SE} * 100$
- Porcentaje de sodio disuelto:  $PSS = \frac{Na}{\sum Cationes} * 100$
- Índice de Langelier:  $IL = pH_{real} - pH_{calculado}$

Diagrama de Wilcox: para determinar la clasificación de las aguas de acuerdo a sus contenidos de sales solubles totales y de sodio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta el análisis de la calidad de las aguas del río San Pablo para usos agrícolas desde tres visiones: (i) Contenidos de aniones y cationes; (ii) Indicadores derivados para evaluar calidad de aguas para el riego; (iii) Clasificación de las aguas según el diagrama de Wilcox.

### Análisis de contenidos de aniones y cationes

En la [Tabla 2](#) se puede observar la composición físico-química de las aguas de los sitios muestreados en la cuenca del río San Pablo. Los valores de cada variable fueron estudiados según las directrices para interpretar la calidad de las aguas para riego ([Ayers y Westcot, 1985](#)). Se ha preparado una leyenda de colores para expresar la calidad del agua analizada para usos agrícolas.

En todas las muestras el pH alcanzó valores dentro del rango establecido para aguas de riego (6,0 - 8,5), con independencia de las épocas de muestreo.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) son extremadamente bajos durante la época húmeda, se mantienen casi invariables en la zona estudiada. Sin embargo, las muestras tomadas en la temporada seca tienen valores de CE superiores a 4 dS/m<sup>-1</sup>, que se incrementan aguas abajo de la ciudad de Babahoyo. En todos los casos su grado de restricción para el uso agrícola es severo, dado que en los primeros cuatro puntos la conductividad es muy alta, mientras que en el resto se considera excesiva ([Duarte y Díaz, 2005](#)).

En la época húmeda, en la cual no es necesario el riego, todos los iones estudiados poseen valores bajos, se supone que esto sucede porque las sales se hallan disueltas en los grandes volúmenes de agua que circulan por el río. En tanto que en la época seca el caudal del río disminuye trayendo consigo el incremento de la concentración de aniones y cationes ([Tabla 2](#)).

Los tenores del calcio en el sitio de muestreo 1 se encuentran en el rango admisible para las aguas de riego (< 20 me.L<sup>-1</sup>). En los puntos 2, 3 y 4 el Ca<sup>+2</sup> sobrepasa el umbral permisible, para luego descender a 11,72 me.L<sup>-1</sup> y de nuevo aumentar a valores superiores a 26 me.L<sup>-1</sup>. En la [Figura 1](#) se puede observar que entre los puntos de muestreo 4 y 5 se une el flujo del río Catarama que aporta un caudal importante, por lo que se supone que la disminución del contenido de calcio se debe a que las sales se disuelven en ese tramo del río. Se presume que entre los puntos 5 y 6 el cauce recibe aportes de residuales de la ciudad que provocan el incremento de todos los elementos, como puede observarse en la [Tabla 2](#).

Hay que destacar que el magnesio (umbral < 5 me.L<sup>-1</sup>) y los bicarbonatos (límite < 20 me.L<sup>-1</sup>) tienen un comportamiento similar al descrito para el calcio, en cuanto a las restricciones de uso para el riego agrícola.

Los contenidos de sodio y sulfatos son admisibles de acuerdo a las Directrices de FAO sobre calidad de las aguas y de ([Duarte y Díaz, 2005](#)). El cloro es uno de los elementos considerados tóxicos para el riego de los cultivos cuando sobrepasa ciertos valores. En la [Tabla 2](#) se puede apreciar que los tenores de cloruros se incrementan según las aguas muestreadas van avanzando por la ciudad de Babahoyo. Se presume que esto es debido a que la corriente fluvial del río San Pablo recibe aguas residuales de empresas piladoras de arroz, de lubricadoras y lavadoras de automóviles y del canal colector de las descargas del Sistema de Riego y Drenaje Babahoyo que recepta los excedentes de las plantaciones de arroz de la zona.

### Análisis de indicadores derivados para evaluar calidad de aguas para el riego

En la [Tabla 3](#) se muestra el resultado del cálculo de los indicadores derivados, como era de esperar en la época húmeda todos son aptos para

**TABLA 2.** Composición físico - química en las ocho tomas de agua para uso agrícola

Variables	Unidad	Estación	Puntos de muestreo							
			1	2	3	4	5	6	7	8
<b>pH</b>	U	Húmeda	7,4	7,7	7,2	7,5	7,7	7,5	7,5	7,5
		Seca	7,7	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,5	7,5
<b>Conductividad Eléctrica</b>	dS/m <sup>-1</sup>	Húmeda	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
		Seca	4,23	4,85	5,15	5,81	6,38	6,83	7,34	7,85
<b>Calcio</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	1,15	1,27	1,24	1,15	1,16	1,41	1,28	1,26
		Seca	18,42	25,98	24,22	27,27	13,83	25,73	25,35	26,87
<b>Magnesio</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	1,07	1,14	1,13	1,05	1,06	1,21	1,13	1,14
		Seca	4,52	9,48	8,08	13,42	4,34	10,64	10,59	10,09
<b>Sodio</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	0,99	1,06	1,06	0,97	0,99	1,14	1,08	1,08
		Seca	2,73	6,45	6,21	8,17	4,57	7,33	6,13	5,95
<b>Potasio</b>	mg.L <sup>-1</sup>	Húmeda	34,0	36,7	36,3	33,2	33,6	39,5	36,0	36,7
		Seca	32,8	64,1	59,8	48,5	110,6	53,2	54,3	56,7
<b>Carbonatos</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	0,71	0,82	0,82	0,71	0,71	0,71	0,82	0,82
		Seca	1,97	4,83	4,19	5,04	0,09	1,77	1,06	2,47
<b>Bicarbonatos</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	0,61	0,61	0,61	0,41	0,41	0,61	0,41	0,61
		Seca	11,19	19,07	17,13	20,15	7,04	15,72	14,62	16,26
<b>Sulfatos</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	2,64	2,87	2,79	2,76	2,70	3,23	2,98	2,83
		Seca	3,17	6,13	5,39	6,24	0,54	3,11	2,39	3,88
<b>Cloruro</b>	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	0,12	0,11	0,13	0,14	0,24	0,20	0,20	0,16
		Seca	10,19	13,52	13,34	18,67	17,89	24,46	25,39	21,76
<b>Leyenda:</b>			Excelente	Buena	Permisible	Dudosa	No apta			

el riego de cultivos agrícolas, excepto, la relación de adsorción de sodio ajustada que al combinarse con los bajos valores de conductividad eléctrica la convierten en un agua de calidad permisible.

En la época seca las salinidades efectiva y potencial tienen valores altos, que conllevan a clasificar estas aguas como dudosas para emplearlas en el riego de cultivos agrícolas.

Los indicadores relacionados con los contenidos de sodio (porcentaje de sodio posible y porcentaje de sodio disuelto) están clasificados como buenos o excelentes. Lógicamente eso está dado porque los contenidos de sodio en esas aguas son bajos.

Al analizar el Índice de Langelier resulta que el uso de estas aguas, en la temporada de sequía, puede traer consigo muy alto riesgo de obstrucción de los emisores de los sistemas de riego, si se clasifican según los criterios de (Fuentes y García, 1999), cuando plantea que valores superiores a 1,00 son muy altos de manera que el agua prácticamente sería no apta para sistemas de riego localizado o aspersores

con diámetros de boquillas pequeños. En la época húmeda ocurre el efecto contrario, es decir, los valores del Índice de Langelier son negativos, cuyo significado es que en este caso las aguas son corrosivas, siendo un riesgo su uso en tuberías metálicas.

### Clasificación de las aguas según el diagrama de Wilcox

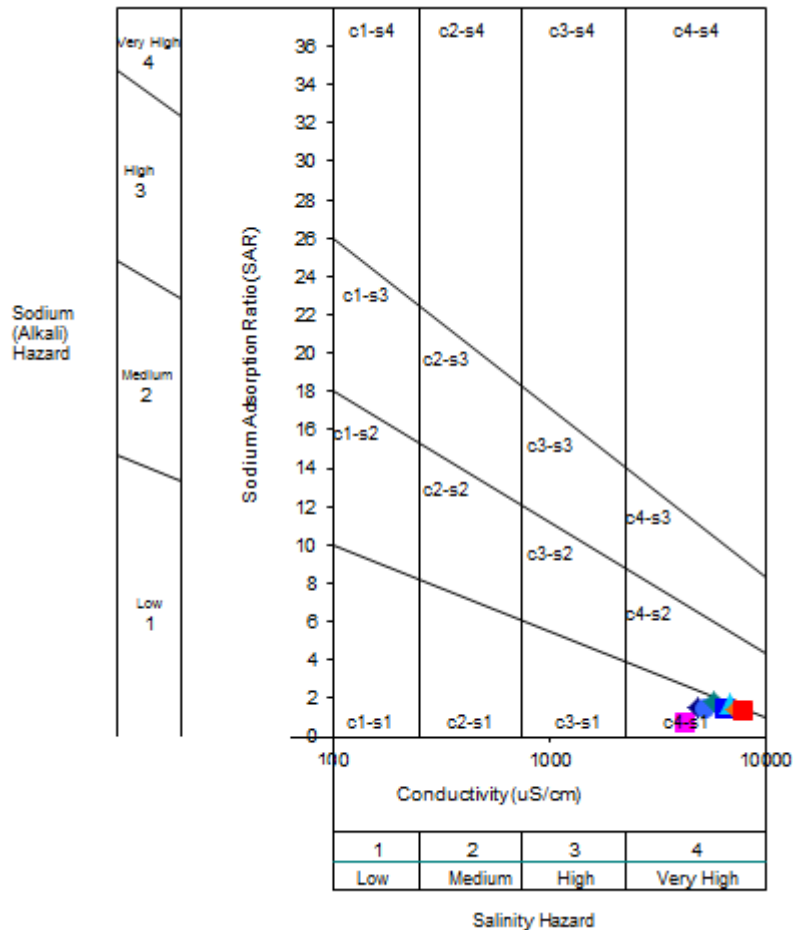
Con el empleo del programa EASY\_QUIM V5.0 propuesto por Vásquez (2012), se interpolaron los puntos de muestreo en el diagrama de Wilcox con el propósito de clasificar las aguas analizadas. Como puede observarse en la Figura 2, todas las muestras tomadas en la época seca se clasifican como C4S1, o sea, salinidad muy alta, generalmente no apta para su empleo en la agricultura. Si es necesario utilizarla debe ser en suelos muy permeables, de buen drenaje, se deben aplicar sobredosis para lavar las sales del suelo y en cultivos muy tolerantes a la salinidad.

En cuanto al sodio sus contenidos son bajos (S1), por ello las aguas son aptas para regar casi todos los cultivos, excepto, aquellos muy sensibles a este elemento.

**TABLA 3.** Indicadores de aptitud de las aguas para usarlas en riego agrícola

Variables	Unidad	Estación	Muestras							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Salinidad Efectiva	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	1,32	1,43	1,43	1,12	1,12	1,32	1,23	1,43
		Seca	16,33	30,03	26,71	31,43	7,67	20,60	18,07	22,61
Salinidad Potencial	me.L <sup>-1</sup>	Húmeda	1,44	1,55	1,53	1,52	1,59	1,82	1,69	1,58
		Seca	11,78	16,59	16,04	21,79	18,16	26,02	26,59	23,70
RASx	U	Húmeda	0,94	0,97	0,98	0,85	0,87	0,97	0,93	1,01
		Seca	1,31	2,57	2,62	2,84	2,36	2,79	2,34	2,31
Porcentaje de sodio posible	%	Húmeda	75,00	74,13	74,13	86,61	88,39	86,36	87,80	75,52
		Seca	16,72	21,48	23,25	25,99	59,58	35,58	33,92	26,32
Porcentaje de sodio disuelto	%	Húmeda	24,5	24,3	24,6	24,4	24,6	24,1	24,8	24,7
		Seca	12,1	17,5	18,1	19,9	19,3	19,5	16,9	16,0
Índice de Langelier	U	Húmeda	-0,7	-0,5	-0,5	-0,8	-0,8	-0,6	-0,6	-0,5
		Seca	1,10	1,40	1,50	1,80	0,90	2,20	2,20	2,30

Leyenda: Excelente Buena Permissible Dudosa No apta



**FIGURA 2.** Clasificación de las aguas para riego de la cuenca del río San Pablo según el diagrama de Wilcox.

**CONCLUSIONES**

Las altas precipitaciones de la época húmeda provocan grandes caudales en el río San Pablo y

disuelven las sales, por ello en ese período el agua es de buena calidad, aunque prácticamente no es necesario el riego de los cultivos.

En la época seca disminuyen considerablemente los caudales del río San Pablo, trayendo consigo el incremento respecto a los criterios, índices y diagramas utilizados de los contenidos de las sales disueltas, hasta provocar que las aguas sean de calidad dudosa o no aptas para el riego de cultivos agrícolas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, S.R.S.; WESTCOT, D.W.: *Calidad del agua para la agricultura*, ser. Riego y Drenaje, no. ser. 29, Ed. Estudio FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, 1985, ISBN: 92-5-302263-9.
- BALMASEDA, E.C.; GARCÍA, H.Y.: “Calidad de las aguas de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas para el riego”, *Cultivos tropicales*, 34(4): 68-73, 2013, ISSN: 0258-5936.
- BONILLA, M.; VÁSQUEZ, L.; SILVA, S.; CABRERA, C.: “Estudio fisicoquímico de la calidad del agua para riego del canal principal que abastece al distrito de riego 030 “Valsequillo”.”, En: *Educación y Sociedad, Puebla, México, II Congreso Virtual sobre Tecnología*, Puebla, México, pp. 3-15, 2013.
- BONILLA, M.N.: “Estudio fisicoquímico de la calidad del agua para riego del canal principal que abastece al distrito de riego 030 “Valsequillo””, *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, (10), 2015, ISSN: 2007-2619.
- CAICEDO, C.; BALMASEDA ESPINOSA, E.C.; PROAÑO, S.J.: “Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2): 18-22, 2015, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- CAICEDO, C.O.; MORA, C.O.; LAYANA, B.E.; SOTOMAYOR, M.A.; BARBEITO, R.R.: “Analysis of Rainfall in the Locality of Babahoyo, for the Programming of Cultivation of Rice (*Oryza Sativa L.*)”, *European Scientific Journal*, ESJ, 13(6): 514-522, 2017, ISSN: 1857-7431.
- DUARTE, O.; DÍAZ, E.: “Tecnologías de tierras y aguas, Capítulo 16: Calidad Química del Agua”, [en línea], En: *Tecnologías de tierras y agua*, España, 2005, Disponible en: <https://es.scribd.com/document/283296491/Cap-16-Calidad-Quimica-Del-Agua>, [Consulta: 8 de febrero de 2018].
- FIRDAUS, R.; NAKAGOSHI, N.; IDRIS, A.: “sustainability assessment of humid tropical watershed: a case of Batang Merao watershed, Indonesia”, *Procedia Environmental Sciences*, 20: 722-731, 2014, ISSN: 1878-0296.
- FUENTES, Y.J.L.; GARCÍA, L.G.: *Técnicas de riego. Sistemas de riego en la agricultura.*, Ed. Mundi-Prensa México. S.A. de C.V, México D. F., 473 p., 1999, ISBN: 968-7462-17-5.
- GARCÍA, H.Y.: “Índice de vulnerabilidad del recurso hídrico con fines de riego en la cuenca hidrográfica del río Naranjo, Cuba”, *Revista geográfica de América Central*, 1(58): 315-330, 2017, ISSN: 2215-2563, DOI: 10.15359/rgac.58-1.13.
- GONZÁLEZ, E.: *Estudio multitemporal de la calidad de agua para fines de riego en el río Jipijapa*, Universidad Agraria del Ecuador, MSc. Thesis, Guayaquil, Ecuador, 50 p., 2015.
- GUERRERO, P.A.M.: “Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú”, *REBIOL*, 35(2): 5-18, 2015, ISSN: 2313-3171.
- ICB EDITORES: *Calidad de Aguas: Usos y Aprovechamiento*, Ed. ICB Editores, Malaga, España, 236 p., 2017, ISBN: 978-84-9021-993-5.
- PANEQUE, V.; CALDERÓN, M.; CALAÑA, J.M.; BORGES, Y.; CARUNCHO, M.: *Manual de técnicas analíticas para el análisis de las aguas residuales. Laboratorio de Análisis Químico*, Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Habana, Cuba, 50 p., 2005.
- PIZARRO, F.: *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*, Ed. Editorial Agrícola Española SA, 2a. ed., Madrid, España, 1985, ISBN: 978-84-85441-00-6.
- PORTA, J.; LÓPEZ, A.M.; POCH, R.: *Edafología: uso y protección de suelos*, Ed.

Mundi-Prensa, 3a. ed., Madrid, España, 607 p., 2014, ISBN: 978-84-8476-661-2.

RODRÍGUEZ, C.; SILVA, M.: “Calidad del agua en la microcuenca alta de la Quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica”, *Pensamiento Actual*, 15(25): 85-97, 2015, ISSN: 2215-3586.

SEVERICHE, S.C.A.; BARRETO, L.A.J.: “Efecto de las lluvias sobre la calidad del agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano en periodo 2006-2009”, *Avances Investigación en Ingeniería*, 10(1): 58-67, 2013, ISSN: 1794-4953.

TROBALLE: *Troballes: Empresa d’ Incersió, SLU, [en línea]*, Inst. Empresa d’ Incersió, SLU, España, 2015, *Disponible en:* Disponible en: <http://Troballes.org/wp-content/uploads/Agua-un-elementoesencial-para-la-vida.pdf> , [Consulta: 8 de febrero de 2018].

VÁSQUEZ, S.E.: *Easy\_Quim V 5.0, Grupo de Hidrología Subterránea, [en línea]*, Inst. Grupo de Hidrología Subterránea, UPC, España, 2012, *Disponible en:* Disponible en: <https://h2ogeo.upc.edu/es/software-hidrologia-subterranea/11-software-hidrologia-subterranea/42-easy-quim> , [Consulta: 8 de febrero de 2018].

*Oscar G. Caicedo-Camposano*, Profesor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Ingeniero Agrónomo. Magister en Riego y Drenaje, e-mail: [ocamposano@utb.edu.ec](mailto:ocamposano@utb.edu.ec)

*Carlos E. Balmaseda-Espinosa*, Profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Ingeniero en Riego y Drenaje. Doctor en Ciencias Agrícolas, e-mail: [cbalma59@gmail.com](mailto:cbalma59@gmail.com)

*Juan E. Tandazo-Garcés*, Maestrante de Ingeniería Agrícola de la Escuela de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, e-mail: [ocamposano@utb.edu.ec](mailto:ocamposano@utb.edu.ec)

*Eleonora M. Layana-Bajaña*, Profesora de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Ingeniera Ambiental. Magister en Manejo Sustentable de Recursos, Bioacuáticos en el Medio Ambiente, e-mail: [ocamposano@utb.edu.ec](mailto:ocamposano@utb.edu.ec)

*Viviana L. Sánchez-Vásquez*, Profesora de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Ingeniera Química. Magister en Gestión de la Productividad y la Calidad, e-mail: [ocamposano@utb.edu.ec](mailto:ocamposano@utb.edu.ec)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.