

# ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA Y CONTAMINACIÓN DEL RÍO PIRAÍ, 2021, EN LUGARES DE USO PARA LA RECREACIÓN

## WATER QUALITY AND CONTAMINATION INDICES OF THE PIRAÍ RIVER, 2021, IN PLACES OF USE FOR RECREATION

SANABRIA ARCE G. F., TITO ANIVARRO, F.

### RESUMEN

**E**l río Piraí es una fuente crucial de agua y biodiversidad para los municipios a lo largo de su ribera, y también es esencial para las actividades socioeconómicas locales. En este proyecto, se evaluó la calidad del agua del río utilizando el Índice de Calidad de Agua y los índices de contaminación propuestos por Brown en dos momentos del año: la época de lluvias y la de estiaje. Los resultados indican que la calidad del agua fue mala en dos de los tres puntos de muestreo, lo que sugiere que la contaminación se acumula en la cuenca baja. De hecho, el punto aledaño a Santa Cruz de la Sierra, tuvo la peor calidad de agua. Con respecto a los índices de contaminación elegidos, se encontró una contaminación muy alta en los tres puntos para el índice de contaminación por mineralización (ICOMI), para el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), se observó una contaminación de media a baja, en cuanto al índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), se encontró una contaminación de media a baja en los dos primeros puntos, mientras que el tercer punto tuvo una contaminación muy alta por sólidos suspendidos, por último, para el índice de contaminación trófico (ICOTRO), se observó una mesotrofia en el primer punto, lo que indica que este lugar se encuentra en estado de transición a la eutrofia, en cambio, los dos últimos puntos ya se encuentran en eutrofia, con una contaminación de media a alta por fósforo. Los mismos resultados se obtuvieron en ambas épocas del año. En resumen, los resultados sugieren que la contaminación del río Piraí se acumula en la cuenca baja, lo que tiene consecuencias graves para la calidad del agua y la biodiversidad local. Es importante que se tomen medidas para reducir la contaminación y proteger este recurso vital.

### ABSTRACT

**T**he Piraí River is of great importance for the different municipalities that border its banks, not only because it is a source of water, but also because of its richness in biodiversity and important socioeconomic activities. In this project, it is proposed to determine the Water Quality Index and the contamination indices proposed by Brown in two seasons of the year, the rainy season and the dry season, of which they were obtained as a result of water quality, poor quality in two of the three representative points, which indicates the decreasing quality of the waters as it descends in the basin, thus demonstrating that contamination accumulates in the lower basin, confirming why point-3-Santa Cruz de la Sierra is the one with the lowest water quality, with respect to the contamination indices chosen, for the mineralization contamination index (ICOMI) a very high contamination was obtained at the three points in both seasons of the year, for the organic matter contamination index (ICOMO) medium to low contamination was obtained in both seasons, for the contamination index by suspended solids (ICOSUS) medium to low contamination was obtained in both seasons but only in the first two points, leaving the third point with very high contamination by solids suspended in both seasons and finally for the trophic contamination index (ICOTRO) mesotrophic contamination was obtained in both seasons of the first point, which indicates that this place is in a state of transition to eutrophy, the last two points are already in eutrophy medium to high phosphorus contamination.

### PALABRAS CLAVE

Índice de calidad del agua,  
Índices de contaminación de Brown,  
Río Piraí.

### KEYWORDS

Water quality index,  
Brown pollution indices,  
Piraí River.

## INTRODUCCIÓN

**E**n Bolivia la contaminación de las aguas proviene en gran parte de la minería, desechos urbanos e industriales o de otras fuentes menos notorias como los agroquímicos y pesticidas (Forno & Pauwels, 2009). Esta contaminación ha reducido la cantidad de agua potable para consumo humano en muchas regiones del país, pero también ha afectado a las fuentes de agua para uso agrícola y pecuario. No se puede desconocer el efecto de este proceso sobre la biodiversidad, donde ríos, lagos y otros cuerpos de agua ya no permiten la vida. Esta grave situación puede irse complicando con una previsible reducción de la cantidad de agua dulce disponible como consecuencia de la contaminación. La creciente urbanización del país (desde hace algunas décadas más del 50 % de la población vive en áreas urbanas) ha incrementado la contaminación, principalmente del agua. Esta contaminación es visible, como en el caso de los desechos sólidos y las aguas servidas, que afectan la calidad del agua, siendo estas aguas contaminadas un riesgo para la población, sea cualquiera el uso que le dé.

La clasificación general de cuerpos de agua, en relación con su aptitud de uso, establece que: Son aguas para uso de recreación de contacto primario, natación, esquí, inmersión, las aguas que cuentan con una clasificación A, B o C, pero no las de clase D. (Reglamentación de la ley N° 1333 del Medio Ambiente, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, 1992) El presente proyecto pretende realizar un estudio para determinar el Índice de Calidad de Agua del Río Pirai, como manera de contrastar esta información con la clasificación preliminar realizada al mencionado río.

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación. Horton y Liebman son los pioneros en el intento de generar una metodología unificada para el cálculo del Índice de Calidad de Agua, ICA. Posteriormente, con trabajos de mayor envergadura, la Fundación Nacional de Saneamiento, NSF, efectuó un estudio para evaluar el ICA con base en nueve parámetros. Pratti, presentó un trabajo con trece parámetros y Dinius efectuó otro similar con once parámetros. El propósito de los ICA es simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (NSF 1970).

Para la agrupación de los parámetros existen dos técnicas básicas, las denominadas aritméticas y las multiplicativas (BROWN, 1970).

El índice general de calidad del agua fue desarrollado por Brown et al. (1970) y mejorado por Deininger para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1975 ((NAS), 1975).

La Comunidad Europea desarrolló el índice universal de la calidad del agua (UWQI), utilizado para evaluar la calidad del agua superficial como fuente de agua potable. Este indicador se basa en doce variables: cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, OD, DBO5, fósforo total, pH y coliformes totales. (Boyacioglu, 2007)

Para el caso latinoamericano, el desarrollo y aplicación de estos índices se ha dado con más auge en México, desarrollando diversos ICA. El índice INDIC-SEDUE fue el primero en aplicarse en Jalisco, México, y tuvo un uso común en la antigua Secretaría

de Desarrollo Urbano y Ecología en el Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Subdelegación de Ecología de la Delegación Sedue-Jalisco. Este ICA está basado en el índice desarrollado por Dinius y adaptado y modificado por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE) de la Sedue. (Montoya, Contreras, & García, 1997)

En el 2004 los países que integran la Comunidad Andina (CAN) elaboraron una metodología para la medición de la calidad de los recursos hídricos en la que se incluyen variables e indicadores para aguas superficiales, subterráneas y costeras. La propuesta tiene como fin desarrollar un software adecuado a los países que integran la CAN. (OEA, 2004)

Según la Ley de Medio Ambiente 1333, en su TÍTULO III, CAPÍTULO I, ARTÍCULO 17 y 18, se indica:

ARTÍCULO 17°.- Es deber del Estado y la sociedad, garantizar el derecho que tiene toda persona y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades.

ARTÍCULO 18°.- El control de la calidad ambiental es de necesidad y utilidad pública e interés social. La Secretaría Nacional y las Secretarías Departamentales del Medio Ambiente promoverán y ejecutarán acciones para hacer cumplir con los objetivos del control de la calidad ambiental.

Según El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, en su TÍTULO I, CAPÍTULO III, se indica:

ARTÍCULO 4° La clasificación de los cuerpos de agua, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Para ello, las instancias ambientales dependientes del Gobernador deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación. Esta clasificación general de cuerpos de agua, en relación con su aptitud de uso, establece que: Son aguas para uso de recreación de contacto primario, natación, esquí, inmersión, las aguas que cuentan con una clasificación A, B o C, pero no las de clase D. (Reglamentación de la ley N° 1333 del Medio Ambiente Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, 1992)

Un estudio hecho por la Contraloría de nombre Informe de auditoría ambiental k2/ap08/f10 sobre los resultados de gestión asociados a la variación del estado ambiental de la cuenca del Río Pirai, comparó la calidad del agua del año 1999 con la del 2010, anotando los aspectos para tomar en cuenta con la evolución de la zona y sus actividades.

La evaluación del tramo entre El Torno y la ciudad de Santa Cruz, el tramo tres de este estudio, indicó que, de acuerdo a los resultados de la evaluación de 1999, al inicio de este tramo el río Pirai ya presentaba una concentración de carga orgánica, presumiblemente debido a la actividad doméstica que se encuentra aguas arriba (municipio de El Torno), situación que se mantiene en el año 2010.

En 1999 así como en 2010 este tramo estaba afectado por las descargas industriales de la CBN y SAGUAPAC. En 1999 y 2010 el caudal y la cantidad oxígeno disuelto que lleva el río, permitió, y aún permite, asimilar las descargas industriales, con la diferencia de que en la actualidad el río contiene más carga orgánica que en 1999.

incremento de las descargas de SAGUAPAC que contienen mayor carga orgánica que en 1999.

En el 2010 la suma de los volúmenes de las descargas de la CBN, los rebalses del riego del ingenio azucarero La Bélgica y las descargas de SAGUAPAC contribuyeron a incrementar la carga orgánica del río Pirai de manera significativa respecto de 1999, disminuyendo notablemente la capacidad de recuperación del río, especialmente en el último sector, donde la calidad de las aguas que en 1999 estaban en el rango de calidad media, para el 2010 había bajado al rango de calidad mala.

Se realizó la determinación el Índice de Calidad de Agua del Río Pirai, en el año 2021, para complementar y contrastar la información con la clasificación preliminar realizada al mencionado río.

## DESARROLLO

Los puntos de muestreo son los siguientes:

**Punto-1-El Torno:** 20k: 0458396; UTM: 8010743; altura: 505 m.s.n.m.

Se eligió este punto gracias a la observación de campo por ser el punto donde mayor población se acumulaba y por tener actividades que aportan a la recreación

**Punto-2-La Guardia:** 20k: 0464478; UTM: 8023110; altura: 464 m.s.n.m.

Se eligió este punto porque es el único donde se pudo observar personas en recreación, ya que existen cabañas, ventas de bebidas y comestibles y alquiler de caballos, en el resto del trayecto del río que pertenece al municipio solo se observó extracción de áridos.

**Punto-3-Santa Cruz de la Sierra:** 20k: 0496042; UTM: 8034235; altura: 414 m.s.n.m.

Se eligió este punto porque en este municipio existe un área específica para esta actividad que es el de Las Cabañas del Río Pirai.

En la figura 1 se muestran los puntos seleccionados para la toma de muestras.



Figura 1. Mapa de la cuenca del río Pirai indicando los puntos de toma de muestra.

Con ayuda del GPS se localizaron los puntos representativos, se midió el ancho del río y se dividió en cinco sitios, de manera que se tomó una muestra en cada uno y luego se homogeneizaron las muestras simples de cada punto para obtener la muestra que fue analizada.

Los parámetros analizados, tomando en cuenta las actividades antrópicas, geomorfología del río y las partes de la cuenca, se indican en la tabla 1:

**Tabla 1.** Parámetros analizados de las muestras de los puntos seleccionados según su finalidad

Índice de Calidad del Agua	Índices de contaminación:
Coliformes fecales	Conductividad
DBO5 total	Dureza
Fosfato	Alcalinidad
Nitratos	DBO
Oxígeno disuelto	Coliformes totales
pH	Oxígeno porcentual
Sólidos disueltos totales a 180 °C	Sólidos suspendidos
Temperatura	Fósforo
Turbidez	

En las tablas 2 y 3 se muestran los resultados de los parámetros requeridos para la determinación de los índices de calidad del agua, de contaminación y valores de referencia

**Tabla 2.** Resultados de los parámetros analizados en los tres puntos en época de lluvia

Parámetros	Punto-1-EI Torno	Punto-2-La Guardia	Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	RMCH A-1 CLASE C
Alcalinidad total, mg/l	262,2	193,4	191,3	-
Coliformes fecales, NMP/100ml	1500	2400	11400	<5000 y <1000 en 80% de muestras
Conductividad específica, $\mu\text{S}/\text{cm}^3$	333,80	402,10	405,10	-
DBO5 total, mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<20
DQO, mg/l	21,0	25,6	31,0	<40
Dureza total, mg/l	176,3	216,9	216,9	-
Fosfato, mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	1,0
Nitratos, mg/l	<5,0	<5,0	<5,0	50,0
Nitritos, mg/l	0,01	0,02	0,05	1,0
Oxígeno disuelto, mg/l	7,10 (95,8%)	6,29 (89,6%)	6,60 (90,5%)	<60% sat
pH	8,05	8,11	8,19	6,0 a 9,0
Sólidos disueltos totales a 180 °C, mg/l	218,0	262,0	256,0	-
Temperatura, °C	30,50	33,60	35,60	+/- 3°C de cuerpo receptor
Turbidez, NTU	127,91	229,83	324,79	100-2000

**Tabla 3.** Resultados de los parámetros analizados en los tres puntos en época de estiaje

Parámetros	Punto-1-EI Torno	Punto-2-La Guardia	Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	RMCH A-1 CLASE C
Alcalinidad total, mg/l	194,4	231,5	216,2	-
Coliformes fecales, NMP/100ml	460	360	360	<5000 y <1000 en 80% de muestras
Coliformes totales NMP/100ml	2400	9300	9300	
Conductividad específica, $\mu\text{S}/\text{cm}^3$	382,8	454,1	474	-
DBO5 total, mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<20
DQO, mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<40
Dureza total, mg/l	142,3	177,1	187,20	-
Fosfato, mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	1,0
Fósforo total, mg/l	0,01	0,03	0,03	
Nitratos, mg/l	<5,0	<5,0	<5,0	50,0
Oxígeno disuelto, mg/l	7,46 (88,6%)	7,08 (86,4%)	7,08 (86,2%)	<60% sat
pH	8,24	8,42	8,55	6,0 a 9,0
Sólidos disueltos totales a 180 °C, mg/l	206,0	232,0	266,0	1500
Sólidos suspendidos totales, mg/l	196	196,0	556	-
Temperatura, °C	22,4	26,1	27,8	+/- 3°C de cuerpo receptor
Turbidez, NTU	62,31	125,91	312,41	100-2000

La calidad del agua según Brown toma en cuenta cada uno de los siguientes parámetros y su peso relativo en el índice,  $W_i$ : Coliformes Fecales 0.15, pH 0.12, DBO5 0.10, Nitratos 0.10, Fosfatos 0.10, Temperatura 0.10, Turbidez 0.08, Sólidos disueltos Totales 0.08,

Oxígeno Disuelto 0.17 Los valores  $sub_i$  se obtuvieron de las gráficas de Brown, y se aplicaron en la Ecuación de Estimación del Índice de Calidad de Agua general, técnica multiplicativa.

$$ICA = \prod_{i=1}^n Sub_i^{W_i}$$

El resumen de los valores obtenidos aplicando el ICA en los datos resultantes del muestreo se encuentran en la tabla 4:

**Tabla 4.** Resultados del índice de calidad del agua en ambas épocas

PUNTO DE ESTUDIO	RESULTADO ICA	
	ÉPOCA DE LLUVIA	ÉPOCA DE ESTIAJE
Punto-1-El Torno	52,35	62,34
Punto-2-La Guardia	50,76	50,25
Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	45,65	42,33

ICOMI (índice de contaminación por mineralización)

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{conductividad} + I_{dureza} + I_{alcalinidad})$$

ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica)

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{oxígeno\ %})$$

ICOSUS (índice de contaminación por sólidos suspendidos)

$$ICOSUS = (-0,02 + 0,003\ sólidos\ suspendidos)$$

ICOTRO (índice de contaminación trófico)

- Oligotrofia < 0,01 (mg/l)
- Mesotrofia 0,01-0,02 (mg/l)
- Eutrofia 0,02-1,00 (mg/l)
- Hipereutrofia > 1,00 (mg/l)

La tabla 5 muestra los valores de los índices de contaminación en ambas épocas de lluvia y estiaje.

**TABLA 5.** Índices e Contaminación para los tres puntos en ambas épocas

PUNTO DE ESTUDIO	RESULTADOS ICOMI	
	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE ESTIAJE
Punto-1-El Torno	1,02	0,91
Punto-2-La Guardia	0,91	0,97
Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	0,9	0,94
	RESULTADOS ICOMO	
Punto-1-El Torno	0,25	0,31
Punto-2-La Guardia	0,31	0,43
Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	0,42	0,43
	RESULTADOS ICOSUS	
Punto-1-El Torno	0,16	0,28
Punto-2-La Guardia	0,28	0,57
Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	1,03	1,65
	RESULTADOS ICOTRO	
Punto-1-El Torno	Mesotrofia	Mesotrofia
Punto-2-La Guardia	Eutrofia	Eutrofia
Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	Eutrofia	Eutrofia

La clasificación general del ICA propuesto por Brown para los

tres puntos en época de lluvia y de estiaje se indican en la tabla 6.

**Tabla 6.** Resumen comparativo del ICA y clasificación de Brown en las dos épocas para los tres puntos estudiados

Punto de estudio	Resultado ICA		Clasificación según el método de Brown	
	Época de lluvia	Época de estiaje	Valor	Cualificación
Punto-1-El Torno	52,35	62,34	51 - 70	REGULAR
Punto-2-La Guardia	50,76	50,25	26 - 50	MALA
Punto-3-Santa Cruz de la Sierra	45,65	42,33	26 - 50	MALA

## DISCUSIÓN

Punto-1-El Torno. En este punto el valor del ICA es de 52,35 con la técnica multiplicativa, que, según los parámetros de uso para recreación, indica que se encuentra entre contaminada leve y calidad aceptable.

Punto-2-La Guardia. En este punto el valor ICA obtenido refleja una contaminación leve con aproximación mínima a calidad aceptable.

Punto-3-Santa Cruz de la Sierra. Se puede apreciar una caída en el valor obtenido del ICA poniendo las aguas de este punto en la clasificación de calidad mala, concluyéndose una mayor contaminación, , siendo así una alerta con respecto a la contaminación de la zona.

Comparando puntos del segundo muestreo se ve el decaimiento en la calidad del agua conforme se va bajando sobre la cuenca. El Punto-3-Santa Cruz de la Sierra es el de peor calidad de agua, ubicado entre el final de la Av. Roque y Coronado y las Cabañas del Río Pirafé, lo que es preocupante, ya que es un lugar con gran afluencia de personas.

Los valores ICA en ambas épocas muestran que la calidad del agua va disminuyendo conforme se baja en la cuenca. El cambio en la calidad del Punto-1-El Torno entre el primer muestreo, época de lluvia, comparado con el segundo, época de estiaje, evidencia una mejora significativa en el segundo muestreo, lo que denota que las actividades antrópicas del lugar son cambiantes. Por otro lado, la situación del Punto-3-Santa Cruz de la Sierra es preocupante, toda vez que el índice califica esta calidad como mala y empeora en el segundo muestreo.

Se verificó que el punto con mayor contaminación por mineralización es el Punto-1-El Torno. Sin embargo, en los otros dos puntos no existe baja contaminación porque al valor cercano a 1 indica una elevada contaminación por mineralización.

En el índice de contaminación por materia orgánica se observó que los dos primeros puntos tienen una contaminación por materia orgánica baja, mientras que en el tercer punto se clasifica como contaminación media. Este hecho indica que al incrementarse la cantidad y tipo de materia orgánica conforme se baja en la cuenca existe un mal manejo del recurso además de estar afectando la erosión provocada por los cargueros. Debido a esto la quebrada se ha sedimentado en su cauce debido a la cantidad de descargas que le está llegando del producto de las actividades humanas.

Con el cálculo de índice de contaminación por sólidos suspendidos en los tres puntos de muestreo se evidencia que la contaminación va aumentando a medida que se baja en la cuenca y esta es alta en los tres puntos, lo que significa que existe una mala adsorción de contaminantes y, por lo tanto, se retienen cuerpos o partículas en la superficie del agua.

Finalmente, en el ICOTRO, analizando la concentración de fósforo total en cada uno de los puntos de muestreo, se encontró en dos de los tres puntos muestreados cierto grado de contaminación de eutrofia. Esto quiere decir que el recurso hídrico cuenta con altos contenidos de nutrientes y producción vegetal, aun cuando este proceso puede ser un fenómeno natural de los cuerpos del agua, se ve acelerado por intervenciones humanas tales como descargas de nutrientes y aumento de erosión.

En el ICOMI se apreció que la variación es mínima pero los resultados obtenidos están muy cercanos a 1 lo que significa que la contaminación por mineralización es muy elevada. En el caso del ICOMO se obtuvo un rango aceptable de contaminación baja y media. En el ICOSUS se evidencia que los datos son extremos, desde poca contaminación hasta valores que exceden el índice. El punto más preocupante es el Punto-3-Santa Cruz de la Sierra mostrando una contaminación extrema por sólidos suspendidos. Por último, el ICOTRO muestra como resultado cualitativo en su mayoría a la Eutrofia, lo que indica un enriquecimiento excesivo en nutrientes de un ecosistema acuático.

La comparación de clasificación por tramo del año 2018, según la RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA VMABCCGDF N° 032/18 del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, con los resultados

obtenidos del presente estudio se indican en la tabla 7.

**Tabla 7.** Comparación de clasificación por tramo del año 2018 con resultados obtenidos del presente estudio

Cuenca del Río Piraí	Municipio	Clase asignada en 2018	Clase obtenida del presente estudio
Media	El Torno	B	B
Baja	La Guardia	C	C
Baja	Santa Cruz de la Sierra	C	D

El Punto-1-El Torno, cuenca media, con una calidad regular muy sobre el mínimo permisible; el siguiente Punto-2-La Guardia está en muy similares condiciones. El Punto-3-Santa Cruz de la Sierra que, junto al de La Guardia, según la Resolución previamente mencionada, es cuenca baja y se califica como mala calidad de agua. Con respecto a la clasificación del ICA en función del uso del agua, se obtuvo que las aguas de los dos primeros puntos cuentan con una calidad de agua regular, mientras que la del tercer punto se encuentra contaminada, indicando que no es apta para la recreación. A esta situación deberá prestarse atención siendo un punto donde se acumula todo el sedimento y contaminación producidos cuenca arriba produciendo así esta calidad de agua.

## REFERENCIAS

## CITA

FORNO, E., PAUWELS, G. (2009). Contaminación ambiental y actores sociales en Bolivia: un balance de la situación. La Paz, Bolivia.  
 Reglamentación de la ley N° 1333 del Medio Ambiente Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica. (1992). La Paz.  
 NSF, N. (1970). Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos - INSF.  
 BROWN, R. (1970). A Water Quality Index - Do We Dare? Water Sewage Works 11.  
 BOYACIOGLU, H. (2007). "Development of a water quality index based on a European classification scheme," Water SA, vol. 33, pp. 101-106.  
 MONTOYA, M., CONTRERAS, C., & GARCÍA, V. (1997). Estudio Integral de la Calidad del Agua en el Estado de Jalisco. 106. Guadalajara.  
 OEA. (2004). Metodología estadística para la medición de la calidad de los recursos hídricos en los países de la Comunidad Andina. Preparado por: Proyecto Sistema de Información del Medio Ambiente. Perú: SIMA, Instituto Lima.

