

ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICOS) DEL AGUA RESIDUAL GENERADA EN FABRICACIÓN DE VINOS Y PISCOS

Contamination Indexes (Icos) of the Waste Water Generated in the Manufacture of Wines and Piscos.

Edgar Recavarren Rios

¹: Ingeniero em Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Magister en Gestión Ambiental por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Docente tiempo completo en la Facultad de Ciencias Empresariales. Dirección legal: Av. Universitaria s/n, Carretera central km 1.3, Tingo María. Código ORCID: [0000-0003-2510-7907](https://orcid.org/0000-0003-2510-7907). Correo electrónico: edgar.recavarren@unas.edu.pe

RESUMEN

Se determinó los índices de contaminación (ICOS) de las aguas residuales provenientes de las etapas de fabricación de vinos y piscos, basándose en una serie de fórmulas que permiten relacionar parámetros físico-químicos y biológicos; se aplicó el protocolo de determinación del índice de contaminación de agua (ICO), donde se tomó en cuenta 5 criterios de valoración se emplearon los parámetros dureza, conductividad y alcalinidad para determinar el índice de contaminación por mineralización – ICOMI; la demanda biológica de oxígeno, Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno para el índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO; se determinó el índice de contaminación por sólidos suspendidos- ICOSUS, el índice de contaminación por trófia- ICOTRO en el que se utiliza la cantidad de fósforo total finalizando con el índice de contaminación por pH- ICOPH. Se determinó que el ICOMI tiene grado de contaminación alto, el ICOMO grado de contaminación medio el ICOSUS grado de contaminación muy alto el ICOTRO grado de contaminación que produce hipereutrofia y el ICOPH grado de contaminación medio.

Palabra clave: ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO y ICOPH.

ABSTRACT

The contamination indexes (ICOs) of the wastewater from the wine and piscos manufacturing stages were determined based on a series of formulas that allow relating physicochemical and biological parameters; the protocol for determining the water contamination index (ICO) was applied, where 5 evaluation criteria were taken into account; the parameters hardness, conductivity and alkalinity were used to determine the contamination index by mineralization - ICOMI; the biological oxygen demand, total coliforms and oxygen saturation percentage for the organic matter pollution index - ICOMO; the suspended solids pollution index - ICOSUS, the trophic pollution index - ICOTRO, which uses the amount of total phosphorus, and the pH pollution index - ICOPH. It was determined that the ICOMI has a high degree of contamination, the ICOMO has a medium degree of contamination, the ICOSUS has a very high degree of contamination, the ICOTRO has a degree of contamination that produces hypereutrophy and the ICOPH has a medium degree of contamination.

Keyword: ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO y ICOPH.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se considera el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención de los Estados por ser indispensable para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionado por un uso irresponsable e intensivo del recurso (Castro et al., 2014). Los efluentes de las bodegas son en término medio diez veces más concentrados que los efluentes domésticos (Nazrala et al., 2003). Se estima que el 90% del consumo de agua de una bodega está directamente relacionado con las diferentes tareas de la limpieza de depósitos, equipos, maquinaria o instalaciones (Fondo Europeo de Desarrollo Regional [FEDER], 2018)..

La industria vitivinícola genera residuos sólidos y efluentes líquidos en cantidades apreciables (Sosa, 2013). La industria del vino genera grandes volúmenes de aguas residuales (hasta 4 m³ de aguas residuales por metro cúbico de vino producido) procedentes de diversos procesos y operaciones llevados a cabo durante la producción de vino (p. ej. limpieza, lavado de pisos, equipos, tanques, barriles y transferencia líneas, enfriamiento, embotellado) (Anastasiou et al., 2009; Bolzonella et al., 2010; Litaor et al., 2015; Serrano et al., 2011). Las aguas residuales de la bodega se caracterizan por flujos y cargas muy variables (Flores et al., 2019).

El desarrollo de índices de contaminación, para valoración de la calidad de las aguas continentales, fue abordado por (Ramírez et al., 1997), a partir de los resultados arrojados por la estadística multivariada de análisis de componentes principales, el cual ha sido usado de manera recurrente en otras latitudes y en Colombia para la caracterización de aguas dulceacuícolas y marinas (Margalef, 1983; Simoneau, 1986; Ramírez & Viña-Vizcaíno, 1998; Johnston et al., 1990; George et al., 1991; Viña et al., 1993)

El estudio de índices de contaminación se presenta como una opción para la valoración cuantitativa y de fácil entendimiento que involucra una serie de parámetros muy importantes en el estudio de la calidad y la contaminación del agua (Cañas, 2013).

Según Samboni et al. (2007), este indicador fue desarrollado a partir de estudios fisicoquímicos, microbiológicos y limnológicos realizados en la industria petrolera para condiciones de ríos de Colombia. Utiliza las variables de db₅, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno: las dos primeras reflejan fuentes diversas de contaminación orgánica y la tercera expresa la respuesta ambiental del cuerpo a este tipo de polución.

Esta técnica estadística fue aplicada en extensos programas de monitoreo, implementados por la industria del petróleo sobre diferentes regiones de Colombia

(Ocensa - Ecotest, 1997; BP Exploration - Ecotest, 1998) y gracias a ellos se identificaron correlaciones frecuentes y reiteradas entre múltiples variables físicas y químicas, las cuales dieron origen a la formulación de los siguientes cuatro índices de contaminación:

ICOMI o índice de contaminación por mineralización, que integra conductividad, dureza y alcalinidad.

ICOMO o índice de contaminación por materia orgánica, conformado por demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno.

ICOSUS o índice de contaminación por sólidos suspendidos.

ICOTRO o índice de contaminación trófico, el cual se calcula con base en la concentración de fósforo total.

En su estudio Ramírez et al. (1997), demostraron que tales índices son independientes y complementarios, por tanto, descubren problemas ambientales disímiles, subsanan todos y cada uno de los problemas previamente referidos para los ICA y permiten realizar una rápida interpretación del estado de la calidad del cuerpo de agua evaluado.

El valor numérico de los ICOs se clasifica según el nivel de contaminación en orden ascendente como se observa en la (Tabla 1).

Tabla 1

Valoración de los niveles de contaminación

Nivel de Contaminación	Rango de Valores	Color
Ninguno	0 - 0,2	Azul
Bajo	0,2 - 0,4	Verde
Medio	0,4 - 0,6	Amarillo
Alto	0,6 - 0,8	Naranja
Muy Alto	0,8 - 1	Rojo

Los ICA e ICO, consisten básicamente en una expresión matemática simple, de la combinación de un número de parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos, los cuales sirven como medida de la calidad del agua para diferentes usos (Fernández & Solano, 2005). Finalmente el valor numérico obtenido, que oscilan entre 0 a 100 y 0 a 1, se clasifica en diferentes rangos a los cuales se le asigna una descripción cualitativa del grado de contaminación del agua, con los cuales puede valorarse el recurso (Samboni et al., 2007).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de Ejecución.

La muestra de agua residual se obtuvo de Caverna.t Company EIRL, que es una empresa familiar dedicada a la fabricación de vinos y piscos que se encuentra ubicado en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, a una altitud de 660 m.s.n.m. a 09°17'08" de Latitud Sur, a 75°59'52" de Latitud Oeste, con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24°C. Mientras que los análisis de sólidos totales, alcalinidad y dureza fueron realizados en el Laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias; los análisis de BDOs, Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes totales fueron realizados en el laboratorio de Microbiología General de la facultad de Recursos Naturales Renovables; el análisis de Fosforo Total fue realizado en el Laboratorio de Fitoquímica Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y el análisis de Conductividad se realizó en el Laboratorio de Física de la Facultad de Industrias alimentarias todos ellos pertenecientes a la universidad Nacional Agraria de la Selva

2.2. Metodología Experimental

La carga contaminante generada en las diversas etapas del proceso de fabricación de vinos y piscos se evaluó mediante la implementación de los Índices de contaminación (ICOS). Para tal efecto se realizó una determinación de puntos críticos que especifican una serie de etapas donde se realizaran los muestreos. Seguido de una caracterización fisicoquímica y microbiológica de las muestras recopiladas y en cuyos resultados se determinaron los índices de contaminación. La figura 1 expone un diagrama explicativo de la metodología llevada a cabo.

Figura 1

Flujo de determinación de ICOS.



2.3. Análisis de los parámetros

Para determinar el ICOMI se determinó los parámetros de conductividad (APHA-2510 B) (APHA et al., 2012), dureza (APHA-2340 C) (APHA et al., 2012), alcalinidad (APHA-2320 B) (APHA et al., 2012) y DBO5 (NMX-

AA-028-SCFI-2001) (NMX-AA-028-SCFI-2001., 2001); para el ICOMO se determinó los parámetros de Coliformes totales (APHA - 9221 B NMP) (APHA et al., 2012) y oxígeno disuelto (NMX-AA-012-SCFI-2001) (NMX-AA-012-SCFI-2001, 2001); para el ICOSUS se determinó el parámetro de sólidos totales (APHA-2540 B) (APHA et al., 2012); para el ICOTRO se determinó el parámetro de Fosforo total (APHA-4500-P C) (APHA et al., 2012) y para ICOpH se determinó el parámetro de pH (APHA-4500-H B) (APHA et al., 2012).

2.4. Análisis Estadístico

Se determinaron los descriptivos estadísticos y el análisis de correlación de Pearson para comprobar las relaciones existentes entre los resultados de los tratamientos de acuerdo con el diseño experimental: Tres procesos (3P), cinco etapas (5E), nueve parámetros (9Pa) y tres repeticiones por parámetro (3R). Los resultados obtenidos fueron procesados en el paquete IBM SPSS STATISTICS 24 Trial For Microsoft Windows 64 bits, con licencia temporal Z125-3301-14.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación del Nivel de Contaminación del Agua

La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado (Castro et al., 2014).

Tabla 2

Promedio total de todos los parámetros estudiados

Parámetros	Promedios totales
Conductividad (US/cm)	944
Dureza (mg/l)	310
Alcalinidad (mg/l)	44
DBO ₅ (mg/l)	13
Coliformes totales	7
Oxígeno disuelto (%) Saturación)	24
Sólidos totales (mg/l)	9,849
Fosforo total (mg/l)	38
pH	5

3.2. Comparación con la normatividad vigente

La presente investigación nos muestra como resultado los parámetros obtenidos de acuerdo con los índices de contaminación del agua (Icos) que son índices colombianos en donde se han evaluado cada uno de estos parámetros en comparación con la normatividad peruana como son:

3.2.1. Valores máximos admisibles (D.S. N°021-2009-VIVIENDA) DBO5

Se encuentra dentro de los Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado. El agua es usada principalmente en tareas de desinfección, intercambio de calor, áreas de trabajo de la bodega, barriles, agua de proceso asociado con filtración, intercambio iónico, esterilización de botellas y, en algunos casos, torres de enfriamiento. Los componentes sólidos en las corrientes de efluentes líquidos provenientes de los tanques y medios filtrantes, pueden ingresar en el sistema de tratamiento de efluentes, así como también el jugo residual y el vino. Los efluentes líquidos de las bodegas se caracterizan por una alta demanda biológica de oxígeno (Oliver et al., 2007).

3.2.2. Sólidos Totales

Este valor es muy alto y se encuentra fuera de los Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado. Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Está relacionada con la conductividad eléctrica mediante la fórmula $TDS = C.E. (mmhos/cm) \times 700$; mg/L para considerarse TDS, las sustancias deben ser lo suficientemente pequeñas como para pasar una criba o filtración del tamaño de dos micras. La medida TDS tiene como principal aplicación el estudio de la calidad del agua de los ríos, lagos y arroyos. Aunque el TDS no tiene la consideración de contaminante grave, es un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sales y otras del agua (Mamani, 2012).

3.3. Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) (DS N° 015-2015-MINAM)

3.3.1. Conductividad

Los registros indican que para las etapas de la producción de vinos y piscos se encuentran dentro de los límites para el agua considerando que ello podría ser potabilizada con tratamiento convencional. Estudios del INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales), 2005, respecto a la caracterización de aguas subterráneas de INRENA, el valor más alto fue registrada en el Valle Virú registrándose 1650 $\mu S/cm$ y el valor mínimo es de 280 $\mu S/cm$ en el Valle de Mala en la tabla de aguas superficiales para la producción de agua potable en la categoría A-1 se establece un valor de 1500 $\mu S/cm$ mientras la categoría A-2 tiene un valor de 1600 $\mu S/cm$, el valor para la sub categoría A-1 de aguas subterráneas se establece un valor de 1600 $\mu S/cm$ que supera a la de aguas superficiales en 100 $\mu S/cm$ debido a los estudios del INRENA y otros que demuestran valores superiores de este parámetro.

3.3.2. Dureza

En la tabla de *Aguas Superficiales para la producción de Agua Potable* en la categoría A-1 se establece un valor de 500 mg/L para este parámetro, mientras que lo fijado para aguas subterráneas es 100 mg/L mayor debido esto principalmente a una concentración mayor en aguas subterráneas en comparación a las superficiales. Para la subcategoría A-2, no se ha considerado una referencia en la concentración, y para obtener agua potable de aguas subterráneas que tengan una mayor concentración se deberá aplicar tratamientos necesarios que rebajen esta concentración a niveles inferiores a los 600 mg/L La dureza registra un valor de 310 (mg/litro), la metodología planteada por Ramírez *et al.* (Ramírez et al., 1997), Las aguas con menos de 50 mg/L de $CaCO_3$ se llaman blandas.

Hasta 100 mg/L de $CaCO_3$, ligeramente duras.

Hasta 200 mg/L de $CaCO_3$, moderadamente duras.

A partir de 200 mg/L de $CaCO_3$, muy duras.

Según Anastasiou et al. (2009), nos indica que a dureza del agua está controlada, principalmente, por factores geológicos. Las fuentes minerales principales de la dureza provienen del suelo y de acuerdo con la composición de éste, el agua será más o menos dura. Las aguas duras, aguas con elevado contenido de calcio y magnesio, se asocian con cuencas de captación de rocas sedimentarias, de las cuales las más comunes son las de piedra caliza y creta. Las aguas blandas, aguas con bajo contenido de calcio y magnesio, suelen haber estado en contacto con rocas impermeables como el granito. Las aguas superficiales en general, suelen ser más blandas que las aguas subterráneas.

3.3.3. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Es de 13 mg/l se encuentra fuera de los límites establecidos para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Convencional. Este valor es de gran importancia ya que se relaciona con la cantidad de energía oxidable en el sustrato el cual es microbiológicamente usable por las células para sus requerimientos de energía y su posterior síntesis (Peña & Cisterna, 1999).

3.3.4. Coliformes Totales (NMP/100ml)

Se determinó bajo la metodología del número más probable donde se determinó un promedio de 7 NMP/100ml, este valor se encuentra dentro de los límites establecidos para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. La detección y enumeración de coliformes como indicadores bacterianos de contaminación a las aguas de condensado garantiza la aplicación de un sistema de vigilancia, que, aunque es limitado, teniendo en cuenta los perjuicios a la salud que

pueden provocar el resto de los agentes patógenos implicados en la transmisión hídrica, aporta elementos importantes para minimizar futuras contaminaciones (Fernández-Santisteban, 2017)

3.3.5. Oxígeno disuelto

Nos dio un valor promedio 24 % saturación este valor se encuentra dentro de los límites establecidos para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

3.3.6. Sólidos totales

Nos dieron como resultado 9,849 mg/lit este valor se encuentra fuera de los límites establecidos para Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Las aguas residuales de vinería se caracterizan por contener una cantidad elevada de materia orgánica y una cantidad variable de sólidos en suspensión (Serrano et al., 2011).

3.3.7. Fosforo total

Se determinó un promedio de 38 mg/lit este valor se encuentra por encima de los límites establecidos para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional esto es porque en las etapas 3 y 4 se usó detergentes; según Uc-Peraza & Delgado (2012), los detergentes ocasionan varios impactos sobre el ambiente como es la eutrofización, debido a los altos niveles de fósforo procedentes del tripolifosfato, principal ingrediente de las formulaciones detergentes. El ion fosfato (PO₄⁻) se forma a partir del fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

3.3.8. pH

Nos dio como resultado promedio de las aguas residuales de 5 donde se determina que se encuentra por debajo de los límites establecidos para Aguas que pueden ser Potabilizadas con tratamiento. Mamani (Mamani Vilcapaza, 2012) nos menciona que la medida de la concentración de los iones hidrógeno mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. El pH del agua pura varía de 5 a 9 a 25 °C como consecuencia de la presencia de ácidos y bases de la hidrólisis de las sales disueltas. La presencia de sales fuertes y ácidos débiles incrementa el pH y sales de bases débiles y ácidos fuertes como CaCl₂ produce disminución del pH. OMS 2006; en esta Tercera Edición la OMS: no se establecen valores, sin embargo, las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 sugirieron que un pH inferior a 6,5 o superior a 9,2 afectaría notablemente a la potabilidad del agua. El PH adecuado para que tengan

lugar los procesos biológicos está comprendido entre 6 y 9 (Ruete et al., 2002).

Tabla 3

Comparación de los parámetros de los ICOS, ECAS y VMA

Parámetros	Promedios totales (Icos)	ECAS - Aguas que pueden ser Potabilizadas con tratamiento Convencional - A2	Vma para decargas al sistema de alcantarillado
Conductividad (US/cm)	944	1600	
Dureza (mg/lit)	310		
Alcalinidad (mg/lit)	44		
DBO ₅ (mg/lit)	13	5	500
Coliformes totales	7	3000	
Oxígeno disuelto (% Saturación)	24	60	
Sólidos totales (mg/lit)	9,849	1000	500
Fosforo total (mg/lit)	38	0.15	
pH	5	5,5 - 9,0	

3.4. Determinación de los índices de contaminación.

3.4.1. Índice de contaminación por mineralización - ICOMI

Teniendo en cuenta que este es un índice que relaciona tres parámetros fundamentales como lo son la conductividad, la dureza y la alcalinidad al obtener un valor de índice bajo (cercano a cero) se podría pensar en el mismo sentido en valores reducidos para los parámetros analizando de esta manera un bajo contenido de sales de magnesio y calcio que son responsables de un incremento de la dureza en un determinado cuerpo de agua, también es importante anotar que para que el fenómeno de mineralización en aguas está ampliamente ligado a la capacidad del cuerpo de agua que se estudia de disolver tanto cationes como aniones y esto se puede ver reflejado en la cantidad de sólidos disueltos que se pueden presentar y que incrementa o disminuye con la variación misma del resultado final del índice de contaminación (Cañas, 2013).

Con respecto a la metodología planteada por (Ramirez et al., 1997), las conductividades mayores a 270 m S/cm, tienen un índice de conductividad = 1, esta asignación de valores de contaminación entre Cero y Uno a la escala de las variables por lo tanto determinamos que el grado de contaminación en este parámetro es muy alto.

Durezas mayores a 110 mg/lit tienen un índice = 1 y Durezas menores a 30 mg/lit tienen un índice = 0, por lo tanto, se determina que el grado de contaminación de este parámetro es muy alto.

la metodología planteada por (Ramirez et al., 1997). Alcalinidades mayores a 250 mg/lit tienen un índice de 1 y Alcalinidades menores a 50 mg/lit tienen un índice de 0, en tal sentido se determina que este parámetro la contaminación es muy baja o Ninguno

3.4.2. Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO.

En el resultado obtenido para el ICOMO se hace evidente una fuerte carga de materia orgánica que está siendo vertida en el sistema de alcantarillado sanitario.

En este punto de muestreo se presenta para el índice un valor de 0.497 lo que representa un grado de contaminación medio ya que cuando se incrementan los valores de la DBO se hace presente una fuerte carga de contaminantes orgánicos ya que los residuos de la producción de vinos presentan grandes cantidades de materia orgánica. Por otro lado, si se analiza el valor de coliformes totales que se empleó para determinar el índice de contaminación se observa un valor radicalmente de 7.00 (NMP/100 ml).

Basándose en lo anterior y en los resultados generales obtenidos se debe sugerir un tratamiento previo a la materia orgánica vertida en el punto de muestreo ya que en los tres parámetros empleados para la determinación del índice se muestran valores demasiado altos que finalmente generaría una total disminución del oxígeno en el cuerpo de agua. (Cañas, 2013).

La metodología planteada por Ramírez et al. (1997), cuando $DBO > 30$ (mg/l) = 1 y $DBO < 2$ (mg/l) = 0 en tal sentido se determina que este parámetro la contaminación es muy alta.

La metodología planteada por Ramírez et al. (1997) cuando los Coliformes Totales $> 20,000$ (NMP/100 ml) = 1 y Coliformes Totales < 500 (NMP/100 ml) = 0 por lo tanto el grado de contaminación es ninguno (No presenta contaminación).

La metodología planteada por Ramírez et al. (1997), nos menciona que el porcentaje de oxígeno mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0 por lo tanto se concluye que este parámetro tiene un grado de contaminación alto.

3.4.3. Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS

En este índice se trabaja únicamente con un parámetro que es como su nombre lo indica la cantidad de sólidos suspendidos, estos provienen de la producción de vinos. Según Cañas (2013), básicamente son definidos como la proporción de sólidos retenidos en un filtro que después se seca hasta obtener un peso constante. Generalmente representan un problema para la humanidad cuando entran en contacto con las estructuras hidráulicas a lo largo de una conducción o una planta de tratamiento ya que pueden tapar las válvulas, por ejemplo, para el caso del resultado obtenido se le asigna a este índice un valor de uno cosa que demuestra que los valores de las lecturas de cantidad de sólidos suspendidos totales son muy altos dando un grado de contaminación muy alto.

La metodología planteada por Ramírez et al. (1997), nos menciona que para los sólidos suspendidos > 340 mg/l tienen un ICOSUS = 1 y los sólidos suspendidos < 10 mg/l tienen un ICOSUS = 0 por lo tanto debido a la gran cantidad de sólidos totales que se presentan en el vertido se determina que el grado de contaminación es muy alto.

3.4.4. Índice de contaminación por trofia – ICOTRO

Para poder entender de manera clara los resultados obtenidos en este índice de contaminación es muy importante hacer claridad a cerca de los conceptos que se generan por la concentración de fósforo en el agua, en primer lugar está la eutrofia que es un fenómeno que se genera cuando en un cuerpo de agua se presenta un exceso en la cantidad de nutrientes, este fenómeno genera que se incremente de manera descontrolada la existencia de plantas y organismos que al morir disminuyen la calidad del agua, en este mismo sentido la hipereutrofia es este fenómeno llevado al extremo (Cañas, 2013).

En ecología el término eutrofización está referido al enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático. Eutrofizado es aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes (Raffo & Ruiz, 2014).

Para este se tiene un valor de contenido de fósforo de 38 mg/L generando hipereutrofia, cuando sucede esto la cantidad de plantas y organismos que se presentan en el agua es tan alta que ni siquiera se permite el acceso de la luz dentro del cuerpo de agua, bajo estas condiciones la cantidad de materia orgánica se dispara haciendo que aumente proporcionalmente la demanda biológica de oxígeno y a su vez disminuya el porcentaje de oxígeno generando unas condiciones de una alta contaminación y degradación de la calidad del agua (Henao, 1987).

Se calcula sobre la base de la concentración de fósforo total en mg/l.

Oligotrofia: < 0.01

Mesotrofia: 0.01-0.02

Eutrofia: 0.02-1.00

Hipereutrofia > 1.00

Si lo analizamos con la metodología planteada por Ramírez et al. (1997), donde se determinó que si la concentración de fósforo es mayor a 1 se determina que este medio es Hipereutrofia causante de un alto grado de contaminación.

3.4.5. Índice de contaminación por pH - ICOpH

Como ya es sabido la lectura del pH principalmente sirve para determinar si una sustancia resulta ser acida, básica o dado el caso neutra, dentro de la normatividad existente se ha establecido que los límites máximos permitidos para lecturas de pH deben encontrarse entre 5.5 a 9.0, (Fernández & Solano, 2005) el valor de pH utilizado para determinar el índice de contaminación fue de 5, después de aplicar este valor a la fórmula del ICOpH se obtuvo un valor de 0.493, lo que indica que la contaminación generada por la variación del pH es medio.

La metodología planteada por (Ramirez et al. (1997), nos da como resultado que el grado de contaminación es de 0.493 grado de contaminación medio.

Tabla 4

Resultado de los subíndices de los parámetros en el ICATest v1.0

ICOS	Parámetro	Resultado	Subíndice
ICOMI	Conductividad	944	1
	Dureza	310	1
	Alcalinidad	44	0
ICOMO	DBO	14	0.73
	Coliformes fecales	7	0
ICOSUS	Oxígeno disuelto	24	0.76
	Sólidos totales	9849	1
ICOTRO	Fosforo Total	38	1
ICOpH	pH	5	0.493

Tabla 5

Reporte de los Índices de contaminación en el ICATest v1.0

Reporte	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO	ICOpH
Valor del índice	0.667	0.497	1	1	0.493
Número de parámetros	3	3	1	1	1
Grado de contaminación	Alto	Medio	Muy alto	Hipereutrofia	Medio
Rango	0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.8 - 1	>1.00	0.4 - 0.6
Color	Naranja	Amarillo	Rojo		Amarillo

IV. CONCLUSIONES

El ICOSUS es el índice más elevado, esto es debido a la cantidad de materia orgánica producida por los vinos, como son los fangos provenientes de la clarificación con bentonita, levaduras muertas y restos de uvas.

Puesto que no existe una norma para los límites máximo-permisibles de efluentes de la producción de vinos para alcantarilla, se ha comparado los parámetros de los índices de contaminación con los ECAS del DS. 015-2015-MINAM en donde la conductividad, los coliformes totales y oxígeno disuelto se encuentra dentro de los límites máximos permisibles y los otros parámetros se encuentran fuera de los rangos establecidos.

El DBO₅, presentó valores dentro de los valores máximos admisibles según D.S. N° 021-2009-VIVIENDA (D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, 2009), pero los Sólidos

Totales estuvieron fuera de los valores máximos admisibles

V. REFERENCIAS.

- Anastasiou, N., Monou, M., Mantzavinos, D. & Kassinos, D. (2009). Monitoring of the quality of winery influents/effluents and polishing of partially treated winery flows by homogeneous Fe(II) photo-oxidation. *Desalination*, 248(1-3), 836-842. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.11.006>
- Bridgewater, L. (2012). *Standard Methods for examination of water and wastewater* (22nd ed). American Public Health Association.
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bolzonella, D., Fatone, F., Pavan, P., & Cecchi, F. (2010). Application of a membrane bioreactor for winery wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 62(12), 2754-2759. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.645>
- British Petroleum Exploration. (1998). *Monitoreo limnológico de los sistemas acuáticos en el área de influencia de los bloques Tauramena, Santiago de las Atalayas, Piedemonte y Recetor*. Ecotest
- Cañas Arias, J. S. (2013). Determinación y evaluación de índices de contaminación (ICOS) en cuerpos de agua. 1-15. <http://hdl.handle.net/10654/10901>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Decreto Supremo N°015-2015-MINAM. (2015, 19 de diciembre). Congreso de la República. Diario Oficial El Peruano N°569076-569082. <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>
- Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA. (2009, 19 de noviembre). Congreso de la República. Diario Oficial El Peruano N°406305-406307. https://www.emapasanmartin.com/uploads/documentos/valores_maximos/DS_021-2009-VIVIENDA.pdf.pdf

- Fernández, N., & Solano, F. (2005). *Índices de calidad y de contaminación del agua*. Universidad de Pamplona.
- Fernández-Santisteban, M. T. (2017). *Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas*. 51(2), 70-73. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>
- Flores, L., García, J., Pena, R. & Garfí, M. (2019). Constructed wetlands for winery wastewater treatment: A comparative Life Cycle Assessment. *Science of The Total Environment*, 659, 1567-1576. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.348>
- Fondo Europeo de Desarrollo Regional. (FEDER). (2018). *Manual de buenas practicas Wetwine*. Consorcio Proyecto WETWINE
- George C., J., Viña V., G., Ramirez, A., & Mojica, J. I. (1991). *Manual de métodos de monitoreo biológico con aplicación en la industria del petróleo (Componente acuatico)*. Ecopetrol.
- Henao, A. M. (1987). El disco Secchi y el estado trófico. *Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia*, 7(1), 67-79.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (2005). *Estudio Hidrogeológico del Valle Moche* (p. 352). http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/estudio_hidrogeologico_moche_0_0.pdf
- Johnston, C. A., Detenbeck, N. E., & Niemi, G. J. (1990). The Cumulative Effect of Wetlands on Stream Water Quality and Quantity. A Landscape Approach. *Biogeochemistry*, 10(2), 105-141. <https://www.jstor.org/stable/1468871>
- Litaor, M. I., Meir-Dinar, N., Castro, B., Azaizeh, H., Rytwo, G., Levi, N., Levi, M., & MarChaim, U. (2015). Treatment of winery wastewater with aerated cells mobile system. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 4, 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2015.03.001>
- Mamani Vilcapaza, E. N. (2012). *Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea*. Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente. <https://es.slideshare.net/slideshow/propuesta-calidad-agua-subterranea/33274912>
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Omega.
- Nazralla, J., Vila, H., García, R., Jait, R., & Despous, G. (2003). Gestión de efluentes y consumo de agua en bodega. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 35(1), 35-428. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitaless/1905/nazrallaagrarias35-1.pdf
- Secretaría de Economía. (2001). *Análisis de Agua—Determinación de Oxígeno Disuelto en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas—Método de Prueba (cancela a la NMX-AA-012-1980)*. Estados Unidos Mexicanos. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-012-SCFI-2001.pdf>
- Secretaría de Economía. (2001). *Análisis de Agua—Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas Naturales, Residuales tratadas (DBO) y Residuales Tratadas -Método de prueba (cancela a la NMX-AA-028-1981)*. Estados Unidos Mexicanos. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2001/nmx-aa-028-scfi-2001.pdf>
- Ocensa - Ecotest. (1997). *Monitoreo fisicoquímico y biológico de los cursos lóticos en el área de influencia del oleoducto Cusiana—Coveñas*.
- Oliver, P., Rodriguez, R. & Udaquiola, S. (2007). *Minimización del Consumo de Agua en la Industria Vitivinícola*. *Revista ERMA*, 20, 5-15.
- Peña, D. & Cisterna Osorio, P. (1999). *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región*. 19. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Ramirez, A, Restrepo, R. & Viña, G. (1997). *Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación*. 1(3), 135-153. CT&F - Ciencia, tecnología y futuro
- Ramirez González, A. & Viña-Vizcaíno, G. (1998). *Limnología colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis*. Centro Editorial Fundación Universidad de Bogotá.

- Ruete, M. C., Mere, J. O. & de Murrieta, M. (2002). Análisis de las características de las aguas residuales de bodegas de producción de vino y la problemática de adecuación de un tratamiento biológico apropiado, 1111-1119. https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_1111_1119.1976.pdf
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y. & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>
- Serrano, L., De la Varga, D., Ruiz, I. & Soto, M. (2011). Winery wastewater treatment in a hybrid constructed wetland. *Ecological Engineering*, 37(5), 744-753. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.038>
- Simoneau, M. (1986). Spatial Variability in the Water Quality of Quebec Rivers. *Developments in Water Science*, 27, 117-135. [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(08\)70788-3](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(08)70788-3)
- Sosa, R. (2013). *Propuesta preliminar para la implementación de un sistema de tratamiento de efluentes en una bodega de Maipú, Mendoza* [Tesina de grado, Universidad Nacional de Cuyo]. bdigital http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5336/sosarominatesis.pdf
- Uc-Peraza, R. G. & Delgado Blas, V. H. (2012). Determinación de la concentración letal media (CL₅₀) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(2), 137-144. <http://www.redalyc.org/comocitar.oi?id=37023178004>
- Viña, G., Ramírez, A., Lamprea, L., Garzón, B., Schmidt, U., Rondón, E. & Florez, C. (1993). *Ecología de la Ciénaga de Zapatosa y su relación con un derrame de petróleo*. 231-257. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/421>