

## Caracterización de las aguas residuales de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Cárdenas, Matanzas, Cuba

### *Characterization of wastewater from the Unidad Empresarial de Base (UEB) Cárdenas, Matanzas, Cuba*

MARÍA AURORA PIS-RAMÍREZ; CARLOS ANTONIO OCANO-BUSIA, Y GUSTAVO ARENCIBIA-CARBALLO

Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento,  
Municipio Playa, CP 19100, La Habana, Cuba, E-mail: maria.pis@cip.alinet.cu;  
mapis5512@gmail.com

#### RESUMEN ABSTRACT

Para caracterizar el residual líquido antes y después de tratamiento de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Cárdenas, se escogieron producciones entre 3-4,5 t/día del año 2016, realizándose una encuesta a la dirección de la unidad para conocer datos del proceso. Se tomaron muestras compuestas del residual durante el proceso de producción, salida de industria y foso séptico; conservándose en hielo, además muestras en las lagunas de oxidación donde reciben tratamiento y en punto de emisión al ambiente acuático. Los análisis físicos se realizaron *in situ* mediante un equipo multielectrodo Hanna; y los químicos y microbiológicos en los laboratorios de agua del Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria (IIIA). El residual mantuvo un pH entre 6,6-7,6; temperaturas de 21,5-30,3 °C y ausencia de materia flotante, obteniéndose mayores concentraciones de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno en la salida de la industria. Diferencias significativas de los indicadores químicos con nivel de confiabilidad del 95 % fueron registradas entre muestreos, reportándose promedios de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5^{20^\circ\text{C}}$ ) (669,77 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (1 046 mg/L), Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK) (91,88 mg/L) y Coliformes termotolerantes (1 259 NMP/100 mL); sobrepasando los límites establecidos en la NC 521:2007. El Índice de Biodegradabilidad (0,64) y la eficiencia de remoción del residual crudo para la  $\text{DBO}_5^{20^\circ\text{C}}$  (82,08 %) y DQO (80,50 %) respectivamente, permitieron después del tratamiento, la disminución en los indicadores hasta valores permisibles, demostrando la efectividad del tratamiento, lo que garantiza la no contaminación del medio ambiente acuático donde son depositados.

Palabras clave: residuales pesqueros; contaminación ambiental, caracterización de residuales líquidos.

To characterize the liquid residual before and after treatment of the Unidad Empresarial de Base (UEB), Cárdenas, productions between 3-4,5 t/day of the year 2016 were chosen, conducting a survey of the management of the unit to know process data. Complex samples of the residual were taken during the production process, exit from the industry and septic tank; conserving in ice, in addition to samples in the oxidation lagoons where they receive treatment and at the point of emission to the aquatic environment. Physical analyzes were performed *in situ* using Hanna multielectrode equipment; and chemical and microbiological in the water laboratories of the Food Industry Research Institute (IIIA). The residual maintained a pH between 6,6-7,6; temperatures of 24,14 °C and absence of floating matter, obtaining higher concentrations of dissolved oxygen and oxygen saturation at the outlet of the industry. Significant differences in the chemical indicators with a reliability level of 95 % were recorded between samples, reporting averages of Biochemical Oxygen Demand ( $\text{BOD}_5^{20^\circ\text{C}}$ ) (669,77 mg/L), Chemical Oxygen Demand (COD) (1 046 mg/L), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) (91,88 mg/L) and Thermotolerant Coliforms (1,259 NMP/100 mL); exceeding the limits established in NC 521:2007. The Biodegradability Index (0,64) and the crude residual removal efficiency for  $\text{BOD}_5^{20^\circ\text{C}}$  (82,08 %) and COD (80,50 %) respectively, allowed after treatment, the decrease in the indicators up to permissible values, demonstrating the effectiveness of the treatment, which guarantees the non-contamination of the aquatic environment where they are deposited.

Keywords: fishing residuals; environmental contamination, liquid residual characterization.

## INTRODUCCIÓN

El cuidado y la preservación del medio ambiente requieren del esfuerzo de toda la sociedad y del conocimiento de cuáles factores pueden causar contaminación con vistas a la toma de medidas para prevenirla. Los países caribeños dependen en gran medida de sus recursos marino-costeros, de ahí que el desarrollo sostenible de los mismos sea un asunto decisivo para el desarrollo económico a largo plazo en la región. El innegable valor ecológico de la zona costera resulta receptora de muchos tipos de impactos ambientales, incluyendo aquellos generados por contaminantes provenientes de la industria (Barraza-Guardado *et al.*, 2014). La contaminación por aguas residuales en la zona costera debe tomarse como una alarma histórica. Desde la Agenda de Estocolmo se había advertido sobre el problema de las aguas municipales; en la cumbre de Río en 1992 se dijo que para el 2005 habría que intentar disminuirlas a un 50 %, pero esto ha sido imposible de lograr. Según el PNUMA (2000) en Latinoamérica menos del 20 % del agua residual recibe un tratamiento adecuado, haciendo que esto sea un serio problema que requiere de estrategias eficientes tanto tecnológicas como económicamente (PNUMA, GPA, 2001).

Las industrias pesqueras casi todas ubicadas en las cercanías de las costas, bahías, ríos, etc., son de las procesadoras de alimentos las que pueden generar contaminación al ambiente acuático si emiten sus residuales sin tratamiento. La actividad pesquera produce contaminación por el vertido de efluentes industriales en el litoral, los cuales durante la época de pesca aportan al medio marino cargas contaminantes de tipo orgánico (IMARPE & CPPS, 2010). Por esta razón, las empresas se preocupan por dar cabal cumplimiento a las normas ambientales asociadas a las descargas de efluentes, tanto a sistemas de alcantarillado como a cuerpos de aguas superficiales; así como desde la última década en algunos países se viene utilizando tecnología de punta en las operaciones productivas en la industria pesquera, obteniéndose productos con mayor calidad y generando competitividad en el mercado internacional (Falcon & Yalico, 2015). En países como Perú, mencionan Sánchez, Blas & Chau (2010), durante los últimos 10 años los niveles de contaminación marina se han mantenido y en algunos casos, incrementado en varias zonas del litoral marino de este país, provenientes principalmente de las aguas residuales domésticas e industriales, en forma puntual o discontinua y alcanzan altos valores de Coliformes termotolerantes, muy por encima de los estándares de calidad de aguas costeras, según la normativa vigente en el país.

En Cuba existen industrias procesadoras de mariscos, y pescados que presentan plantas de tratamiento de residuales anexas a sus procesos, pero algunas aún emiten sus residuales sin tratar a bahías y zonas costeras, siendo esto una preocupación constante tanto de la dirección de esas empresas, como del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL) y del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), constituyendo una prioridad resolver esta situación que puede generar la contaminación del medio ambiente donde son depositados los residuales. Para esto resulta imprescindible desarrollar una serie de estudios que permitan, entre otras cosas, caracterizar sus efluentes y definir el óptimo tratamiento de residuales que logren demostrar su compromiso con el ambiente, cumpliendo así con los requisitos referidos en las normas cubanas establecidas a tal efecto (NC 521:2007; NC 27:2010).

La Unidad Empresarial Básica (UEB) Cárdenas, perteneciente a la Empresa Pesquera Industrial de Matanzas (EPIMAT), procesa una diversidad de productos pesqueros que abarcan desde el procesamiento de langosta (*Panulirus argus*), especies de agua dulce como clarias (*Clarias garipinus*), tenacas (*Hypophthalmichthys molitrix*), hasta el desarrollo de picadillos de pescado, croquetas, masas, entre otros productos. La industria no tiene planta de tratamiento de residuales, y años atrás emitía estos directamente a la bahía con el consiguiente perjuicio para el medio ambiente acuático. En estos momentos los residuales de esta empresa, son emitidos a dos lagunas de estabilización que brindan tratamiento biológico antes de su emisión al ambiente a no solo residuales de la industria pesquera, sino también a otras industrias y residuales urbanos de Cárdenas.

El objetivo del presente trabajo consistió en la caracterización físico-química y microbiológica de los residuales obtenidos en la UEB Cárdenas durante diferentes producciones; calculándose el índice de biodegradabilidad, que permitirá conocer si la aplicación de un tratamiento biológico a los residuales resultaría efectivo y la eficiencia de remoción de la materia orgánica en las lagunas de oxidación, donde este residual es tratado antes de su emisión al medio acuático, con vistas a preservar el lugar, donde se desarrollan y son capturados importantes recursos pesqueros para el consumo de la población, el turismo y la exportación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Primeramente se recopiló información de la dirección de la UEB para obtener los datos necesarios para la correcta caracterización del residual (ver Anexo 1).

## Toma de muestras

Se realizaron tres muestreos de las aguas residuales para su caracterización. Las muestras fueron tomadas en diferentes producciones (entre 3-4,5 t/día) realizadas en la industria durante el año 2016. En cada día de muestreo se tomó una muestra compuesta constituida por diferentes fracciones tomadas cada 0,5 h durante todo el proceso de producción procedente del foso séptico, donde confluye

todo el residual de la industria. Esta agua fue almacenada en un recipiente plástico de 5 L y mantenida en hielo tal y como se dispone en la norma cubana NC 251:2007, para su posterior análisis. Se tomaron también muestras del agua residual a la salida de la industria, en las lagunas de oxidación donde esta recibe tratamiento y en el punto donde los residuales ya tratados son emitidos al ambiente acuático, como se muestra en el esquema simplificado de trabajo (Fig. 1).

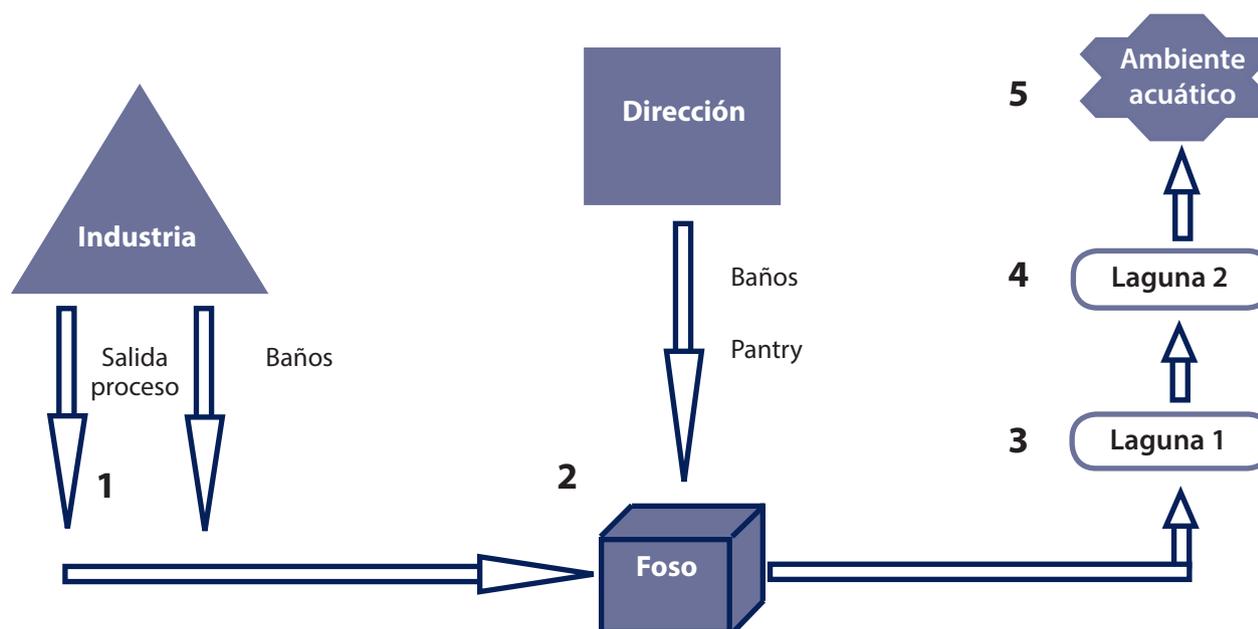


Fig. 1. Esquema de trabajo para la toma de muestras.

Puntos de muestreo de residual:

1. En la salida de la industria.
2. En el foso séptico.
3. En la Laguna 1 de oxidación.
4. En la Laguna 2 de oxidación.
5. En la salida al medio ambiente acuático, ya tratado.

## Análisis realizados

Los análisis físicos realizados a las aguas residuales sin tratar y después de tratadas se realizaron *in situ* determinándose temperatura (°C), salinidad (UPS), turbidez (FTU), concentración de OD (mg/L) y saturación de O<sub>2</sub> (%) a cada fracción tomada, con el empleo de un equipo multielectrodo portátil

Hanna y además se observó si había presencia de materia flotante en el agua.

Las muestras para los análisis químicos y microbiológicos fueron trasladadas directamente desde la UEB después de tomadas en neveras con hielo a (4 °C) hacia los laboratorios de agua del Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia (IIIA), donde se les determinó: Demanda Química de Oxígeno (DQO); Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub><sup>20 °C</sup>); Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Fósforo Total (PT); Sólidos Sedimentables (SSed); Sólidos Solubles Totales (SST); Aceites y Grasas (A y G); Conductividad (μS/cm) y Conteo de m.o. Coliformes termotolerantes (CCP), utilizando las técnicas descritas en *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater*, 21st edition, 2005. Se calculó

el índice de biodegradabilidad del residual (IB) mediante la relación DBO/DQO y la Eficiencia de Remoción según fórmula descrita por Parra-Rodriguez, 2006.

### Tratamiento estadístico

Se calcularon la media, la desviación estándar y los valores máximo y mínimo utilizando un sistema Excel, 2010. A los datos obtenidos de los tres muestreos realizados se les aplicó un Análisis de Varianza y Test de Rangos Múltiples de Duncan para determinar si existían diferencias significativas entre muestreos; así como un Análisis de Factor o Componentes Principales determinando qué factores explican un porcentaje elevado de la varianza total de los datos obtenidos, se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVIII.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta mostraron que la industria fue remodelada recientemente, en la actualidad cuenta con 150 trabajadores que laboran de lunes a sábados en una jornada de 8 h, solo en ocasiones pueden trabajar los domingos. Procesan pescados de agua dulce como tenca y claria, mariscos como langosta, peces de agua salada y además elaboran masa de pescado condimentada, hamburguesas y croquetas, llegando a producciones entre 3-4,5 t/día. Las aguas residuales salen de la industria a través de un tubo que se conecta con algunos registros, se mezclan con las aguas

de pantry y baños, y van a depositarse en un foso séptico de donde son bombeadas a las lagunas de oxidación, recibiendo tratamiento biológico antes de ser emitidas al ambiente. Una vez al año se toma una muestra del agua residual por parte del organismo del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) correspondiente, para la determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos como control.

Los resultados de los análisis físicos (Tabla 1), mostraron los mayores valores de OD en el agua residual tomada en la salida de la industria, debido esto al movimiento de las mismas a través del tubo que las conecta con el foso séptico, lugar donde estas se almacenan y unifican con las demás aguas residuales de la UEB, para su posterior envío a la planta de tratamiento de residuales. En el foso séptico, se detectó una disminución de los valores del mencionado indicador al igual que los de Saturación de O<sub>2</sub>, conjuntamente con un aumento de la conductividad, debido fundamentalmente al período de estancamiento que sufre el agua residual antes de ser bombeada a las lagunas de oxidación para su tratamiento. Después del bombeo del residual a las lagunas de oxidación y en las muestras tomadas en ellas, se experimentó un aumento de la Saturación de O<sub>2</sub> y del OD; así como una disminución de los valores de conductividad en el agua como era esperado, siendo esto beneficioso para su deposición final en el medio ambiente acuático.

Tabla 1. Parámetros físicos del agua residual de la industria UEB Cárdenas desde la salida del proceso industrial hasta la emisión al ambiente acuático

	OD (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Salin. (PSU)	Conduc. (μS/cm)	Sat. O <sub>2</sub> (%)	Materia flotante
Salida industria	9,73	6,6	21,5	0,73	1 640	122	Ausente
Foso séptico	0,1	7,56	24,14	1,17	2 486	1,23	Ausente
Lag. oxidación 2	3,85	6,36	30,2	0,26	815	73,37	Ausente
Emisión ambiente	5,15	7,63	30,3	0,39	790	790	Ausente
NC 521: 2007		6-9	40				Ausente

OD: oxígeno disuelto; Temp.: temperatura; Salin.: salinidad; Conduc.: conductividad; Sat. O<sub>2</sub>: saturación de oxígeno.

La temperatura obtenida del residual en la salida de la industria fue relativamente baja, propia en residuales de la industria pesquera, debido al proceso de descongelación, este indicador fue en aumento hasta llegar al foso y después de bombeado el residual a las lagunas de oxidación, no obstante, se mantuvo por debajo de lo establecido como Límite Máximo Permissible (LMP) en la norma cubana NC: 521:2007, establecida para vertimientos de residuales a las zonas costeras. Los valores del pH no mostraron variaciones apreciables

desde la salida de la industria hasta concluido el tratamiento y su emisión al ambiente acuático, encontrándose dentro de lo establecido en la norma cubana de referencia (Fig. 2), no se observó materia flotante en el residual. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Basu *et al.* (1975); Suárez *et al.* (1982) y Romero, T. (2005) para residuales de la industria pesquera cubana, y son similares los valores de temperatura a los reportados por Arias Nuñuero, J. O. (2020) en los efluentes de una industria pesquera del Perú.

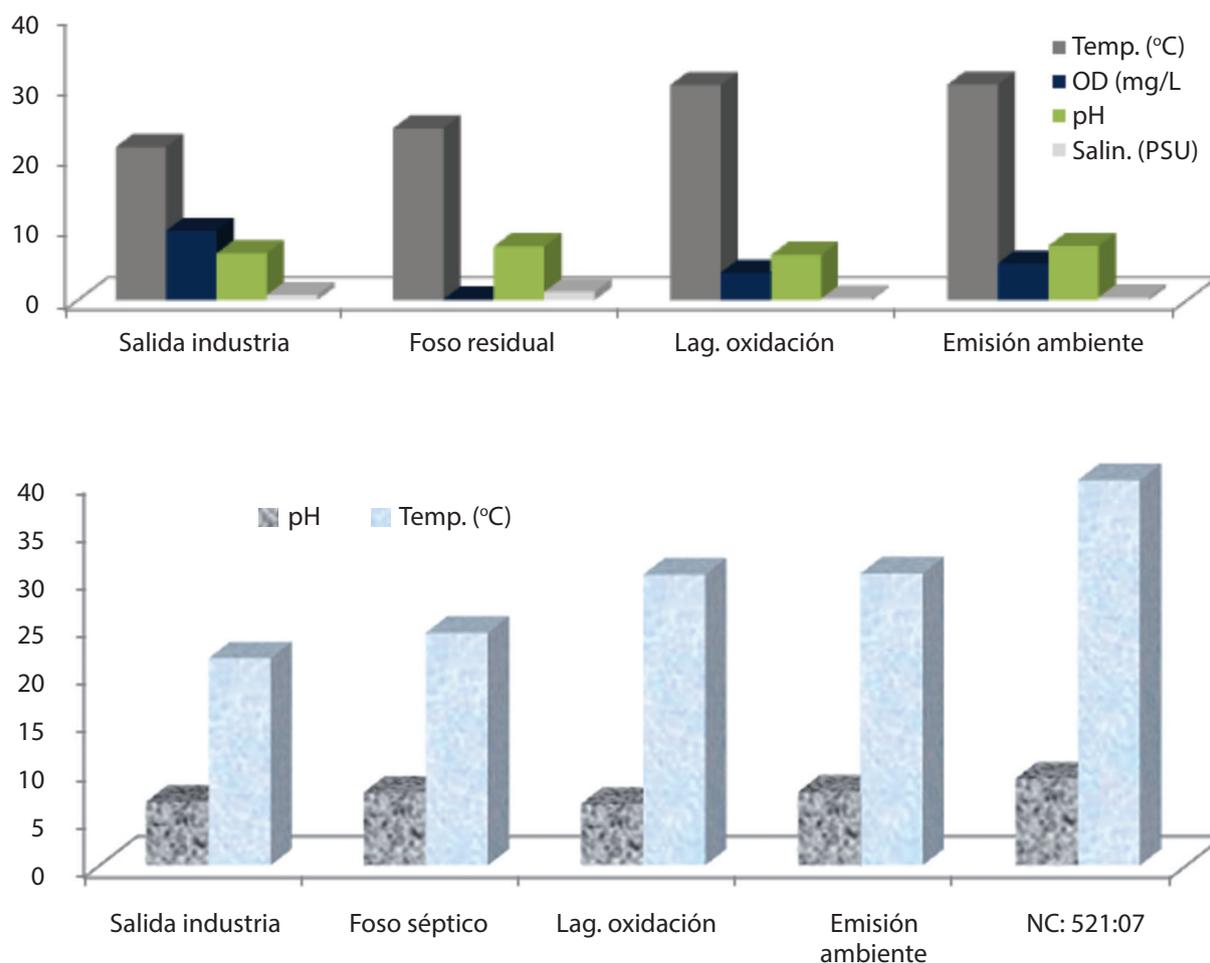


Fig. 2. Parámetros físicos del agua residual de la UEB Cárdenas desde su salida de la industria hasta la emisión al ambiente, y comparación con los Límites Máximos Permisibles de la norma cubana NC: 521:2007.

El análisis estadístico de los resultados mostró variaciones significativas con un nivel de confianza del 95 % en la concentración de los parámetros de OD, Saturación de  $O_2$ , conductividad y temperatura desde la salida de la industria hasta su emisión al ambiente acuático después de haber recibido tratamiento.

Los resultados de los análisis químicos de los tres muestreos; así como los valores promedios, mostraron las mayores concentraciones a lo largo del estudio en la DQO y la  $DBO_5^{20^\circ C}$  seguido del NTK, A y G y SST; mientras que los SSed resultaron muy bajos (Tabla 2). Los valores más elevados de  $DBO_5^{20^\circ C}$ , NTK y SST se obtuvieron

en el mes de junio y los más bajos en el mes de octubre (Fig. 3). En cuanto a los resultados microbiológicos se obtuvieron valores bajos del conteo de m.o. Coliformes termotolerantes en el residual salida de la industria (18 NMP/100 mL), que se incrementaron apreciablemente en el residual del foso séptico como era esperado

(1 259 NMP/100 mL), lo cual representaría una importante fuente contaminante para el medio acuático si este residual fuera emitido sin tratar, pero después de recibido el tratamiento, los valores disminuyeron hasta situarse dentro de los LMP de la norma cubana NC 521: 2007 (400 NMP/100 mL).

Tabla 2. Valores medios, máximos, mínimos y desviación estándar de los indicadores químicos del residual líquido de la UEB Cárdenas

	DBO <sub>5</sub> <sup>20°C</sup> (mg/L)	DQO <sub>5</sub> (mg/L)	NTK (mg/L)	PT (mg/L)	A y G (mg/L)	Ssed (mg/L)	SST (mg/L)
<b>Media</b>	669,77	1 046	91,88	3,19	15,72	0,67	232,45
<b>Máx.</b>	1 016	1 214	158,3	4,57	46,3	1,13	238,3
<b>Mín.</b>	400	746	14,04	1,62	0,19	0,3	226,6
<b>DS</b>	315,03	260,4	64,04	1,49	26,48	0,42	8,3

DQO: Demanda Química de Oxígeno; DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup>: Demanda Bioquímica de Oxígeno; NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl; PT: Fósforo Total; A y G: Aceites y Grasas; SSed: Sólidos Sedimentables; SST: Sólidos Solubles Totales.

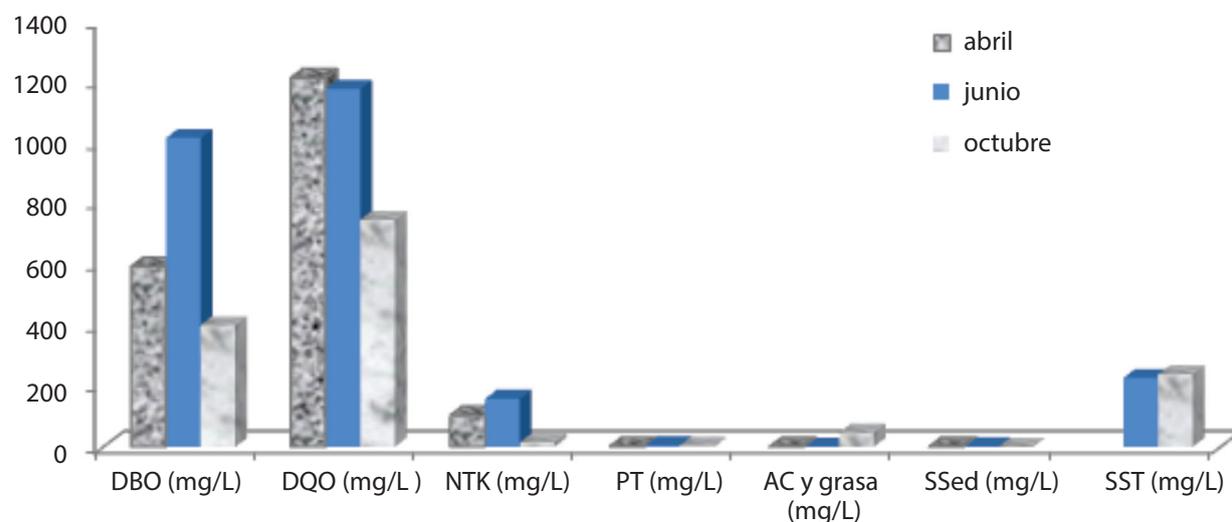


Fig. 3. Variación de los parámetros químicos en el residual de la UEB Cárdenas durante los muestreos del año 2016.

El Análisis de Varianza aplicado a los datos mostró variaciones significativas con un nivel de confianza del 95 % entre los contenidos de los parámetros estudiados y entre los muestreos realizados, y la aplicación de la Prueba de Rangos Múltiples mostró entre los análisis realizados cuatro grupos homogéneos entre ellos y tres grupos con diferencias significativas. La prueba de Pearson aplicada mostró correlaciones significativas con nivel de confianza de 95 % entre la DQO y

la DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup>. El Análisis de Factor o Componentes Principales aplicado a los datos, extrajo dos componentes que en su conjunto explicaban el 77,14 % de la variabilidad en los datos originales en la matriz, y cuyas ecuaciones fueron:

Para el primer componente:

$$0,493354 * A y G - 0,509262 * DBO - 0,450201 * DQO - 0,52323 * NTK + 0,133416 * pH - 0,0510972 * PT + 0,0198265 * SST.$$

Para el segundo componente:

$$0,207327^* A \text{ y } G + 0,2666365^* \text{ DBO}_5 - 0,0250656^* \text{ DQO} + 0,390241^* \text{ NTK} + 0,605634^* \text{ pH} + 0,590197^* \text{ PT} - 0,410839^* \text{ SST.}$$

Al comparar los resultados obtenidos del residual pesquero de la empresa estudiada con los reportados en la literatura se encontró que los valores de DQO y  $\text{DBO}_5^{20^\circ\text{C}}$  fueron similares a los reportados por Romero, T. (2011, 2013) y Peña *et al.* (2008) para residuales de industrias pesqueras cubanas y nicaragüenses respectivamente e inferiores a los reportados por Marín *et al.* (2015) para industrias pesqueras de Ecuador. Los valores de NTK y PT resultaron superiores e inferiores respectivamente a los de Romero, T. (2011, 2013);

así como resultaron superiores los de A y G a los reportados por Marín *et al.* (2015) (Tabla 3). La diferencia obtenida en la composición de los residuales de la industria estudiada con residuales de otras industrias pesqueras cubanas, puede ser debida fundamentalmente a la diferencia en lo procesado en cada una de ellas y al volumen de producción, de forma que en la UEB Cárdenas fueron procesados fundamentalmente pescados de agua dulce como claria y tenca, además de masas para conformados y croquetas, mientras que los residuales caracterizados en las industrias estudiadas por Romero, T. (2011, 2013) fueron obtenidos del proceso de la langosta, el camarón y de peces de escama según se refiere .

Tabla 3. Comparación de los valores del residual de la UEB Cárdenas con valores reportados en la literatura para industrias procesadoras de pescados y mariscos

	Residual EPIMAT (2016)	Valores reportados por Romero (2011)	Valores reportados por Romero (2013)	Valores reportados por Marín <i>et al.</i> (2015)	Valores reportados por Peña <i>et al.</i> (2008)
DQO (mg/L)	1 046	1 064	1 256	2 565	180
$\text{DBO}_5$ (mg/L)	669,77	540	539	2 290	250
NTK (mg/L)	91,88	26,3	26,27	327,08	-
PT (mg/L)	3,19	14,7	14,69	-	-
A y G (mg/L)	15,72	-	-	6,49	-
SSed (mg/L)	0,67	-	-	-	-
SST (mg/L)	232,45	-	-	421,6	495
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1 259	-	-	-	-

DQO: Demanda Química de oxígeno;  $\text{DBO}_5$ : Demanda Bioquímica de Oxígeno; NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl; PT: Fósforo Total; A y G: Aceites y Grasas; SSed: Sólidos Sedimentables; SST: Sólidos Solubles Totales.

El cálculo del Índice de Biodegradabilidad (IB) del agua residual de la UEB Cárdenas resultó ser 0,64, lo cual indica una alta biodegradabilidad, concordando con lo planteado por Romero, T. (2011) en su estudio sobre características contaminantes de los rieles orgánicos de la industria pesquera cubana, donde demostró la susceptibilidad de este tipo de residuales a una depuración mediante tratamientos biológicos.

En la tabla 4 se observan las concentraciones promedio del agua residual desde que esta es emitida al salir de la industria, foso séptico, donde es concentrada antes de

ser enviada para su tratamiento a las lagunas de oxidación y en su punto de emisión al ambiente, comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en la norma cubana NC 521:2007.

Las aguas residuales del procesamiento de la UEB Cárdenas sin tratar, presentaron concentraciones superiores a lo establecido en la norma cubana NC 521:2007 en las concentraciones de DQO,  $\text{DBO}_5^{20^\circ\text{C}}$ , NTK, SST y Coliformes termotolerantes; sin embargo, después del tratamiento biológico experimentado a través de las dos lagunas de oxidación y

cuando las mismas están listas para su emisión al ambiente, las concentraciones de estos parámetros disminuyeron situándose dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) en la norma cubana de referencia (Tabla 4), lo que garantiza que su emisión no constituya una fuente de contaminación.

En la tabla 5 se reporta el cálculo de la eficiencia de remoción (ER) (Parra-Rodriguez, 2006) de los parámetros de mayor concentración del residual de la Empresa EPIMAT, después de pasados por las lagunas de oxidación con vistas a su emisión al medio ambiente.

Tabla 4. Caracterización del residual pesquero de la UEB Cárdenas, desde su salida del proceso, foso séptico, depuración a través de lagunas de oxidación hasta su emisión al ambiente y comparación con los LMP en la NC 521:2007

	Salida industria	Foso séptico	Laguna oxidación	Emisión ambiente	LMP NC 521:07
DBO <sub>5</sub> <sup>20°C</sup>	450 *	669,76 *	115	120	150
DQO	836 *	1 046 *	184	204	300
NTK	67,2 *	91,88 *	8,83	7,8	20
PT	1,62	3,09	1,44	1,8	7
A y G	0,46	15,7	16,23	0,3	50
Ssed	0,4	0,68	0,3	0,5	15
SST		232,45 *	146	150	150
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	18	1 259 *	201	400	200-400

\*: Fuera de norma; DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup>: Demanda Química de Oxígeno; DBO<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno; NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl; PT: Fósforo Total; A y G: Aceites y Grasas; Ssed: Sólidos Sedimentables; SST: Sólidos Solubles Totales.

Tabla 5. Comparación de los indicadores químicos de mayor variación y cálculo de la Eficiencia de Remoción (ER) del residual líquido de la UEB Cárdenas después del tratamiento

	Residual crudo (mg/L)	Residual tratado (mg/L)	Eficiencia remoción (%)
DQO	1 046	204	80,50
DBO <sub>5</sub> <sup>20°C</sup>	669,77	120	82,08
SST	232,45	150	35,46

Tanto la DQO como la DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup> presentaron altos porcentajes de ER, lo que resulta conveniente pues permite que el residual después de tratado vaya al ambiente en concentraciones más bajas de como se generan. En la literatura se han encontrado otros efluentes de industrias pesqueras con ER superiores a los calculados como, por ejemplo, la Empresa Industrial Pesquera del Departamento de Piura en el noroeste de Perú, que presentó una ER en relación con la DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup> de 97,28 % y

SST de 98,10 % (Carbajal, L., 2019); no obstante, la ER calculada para el residual líquido de la UEB de Cárdenas se considera bueno para la no contaminación del lugar de su emisión.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El residual sin tratamiento de la UEB Cárdenas, presentó valores de DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup>, DQO y NTK similares a los de residuales de

otras industrias pesqueras cubanas y que resultaron por encima de lo establecido en la NC 521:2007, pero su alta biodegradabilidad y eficiencia de remoción permiten que el tratamiento aplicado a través de las dos lagunas de oxidación, disminuya significativamente los valores de estos parámetros y que la emisión final al medio ambiente acuático no resulte una fuente contaminante del mismo.

Se recomienda continuar con el estudio de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del residual sobre todo en los picos de producción de la empresa y la efectividad del tratamiento aplicado, para controlar que no sobrepasen los límites máximos establecidos.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros de la Dirección de Calidad de la Empresa Pesquera Industrial de Matanzas (EPIMAT) y en especial a compañero Ángel Reyes por su preocupación y apoyo en la coordinación del trabajo y los muestreos; así como a los directivos y técnicos de la UEB de CárdenaS por su colaboración en el trabajo en la Industria, muy especialmente a Teresa (Teté) que gracias a su experiencia y colaboración se pudo realizar eficientemente el trabajo.

## REFERENCIAS

- APHA, AWWA, WEF (2005). APWA-AWWA.12005. Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater.
- Arias Nuñuero, J. O. (2020). Influencia del vertimiento de los efluentes de la industria pesquera en el mar de la bahía de Coishco, Ancash, en los años 2015 y 2016. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental. Nuevo Chimbote, Perú.
- Barraza-Guardado, R. H., Miranda Baeza, A., Porchas Cornejo, R. H., Barraza Guardado, M. A., Martínez Córdova, L. R., Enrique Ocaña, L. F. & Martínez Porcha, M. (2014). Impact of shrimp farm effluent. *Ciencias Marinas*, 40(4).
- Basu, A., Perigó, E. & Suárez, G. (1975). Efluentes de las plantas procesadoras de pescado y su aspecto contaminante. *INP. CIP. Rev. Inv.*, 2, 215-219, La Habana, Cuba.
- Carbajal, L. (2019). Caracterización de efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo y su grado de cumplimiento con normas vigentes (2014-2016). URL <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4240>
- Falcon, A. & Yalico, C. (2015). Impacto ambiental de los efluentes de la industria pesquera en las aguas de mar de la bahía de Chancay. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.
- IMARPE, CPPS (2010). Informe nacional sobre el estado del ambiente marino del Perú: Informe de Consultoría Convenio IMARPE CPPS. Callao, 175 pp.
- Marín Leal, J. C., Chinga Panta, C. A., Velásquez Ferrín, A. I., González Cabo, P. A. & Zambrano Rodríguez, L. M. (2015). Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(1), 27-42.
- Norma Cubana NC 521:2007. Vertimiento de aguas residuales a aguas costeras y aguas marinas. Especificaciones. CEN, Cuba.
- Norma Cubana NC 27:2012. Vertimiento de aguas residuales a aguas terrestres y alcantarillado. Especificaciones. CEN, Cuba.
- Parra Rodrihuez, L. M. (2006). Operación de un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) hasta alcanzar el estado estable. Tesis de grado Universidad de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2006. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1178/1/linamarcelaparrarodriguez.2006.pdf>
- PNUMA, GPA (2001). Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de América Latina y el Caribe. *BTV00287aguasresidualesPNUMA.pdf*
- Peña Solano, D., E. Lacayo Escobar, M. & Moreno Acanda, F. J. (2008). Tratamiento de aguas residuales en plantas de procesamiento de mariscos. Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. Unidad de gestión Ambiental MIFIC-UGA Disponible en: [www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=Bi-SqhlxtZY%3Dytabid=92](http://www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=Bi-SqhlxtZY%3Dytabid=92)
- Romero, T. (2008). Aporte contaminante de las aguas residuales de la industria pesquera cubana y su impacto sobre el ecosistema. Disponible en: <http://www.cuba/ciencia/CIGEA/carga.htm>
- Romero, T. (2011). Características contaminantes de los rielles orgánicos de la industria pesquera cubana. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, (XXIII)(1), 29-35.
- Romero, T., Martín, A. & Perigó, E. (1982). Impacto ambiental de los residuales de la industria pesquera. III Foro Científico del CIP. MIP, pp. 14-18.
- Romero, T. (2013). Aporte contaminante del procesamiento de recursos pesqueros en Cuba y su impacto al medio. *Ingeniería Hidráulica y ambiental*, XXXIV(2), 17-20, mayo-agosto, 2013. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext-8pid-s1680-0338201300028ing-es8nrm-150>1680-0338>
- Sánchez, R. G., Blas, L. N. & Chau, F. G. (2010). Informe Nacional sobre el estado del ambiente marino del Perú.

## ANEXO 1

### Centro de Investigaciones Pesqueras

Calle 246 No. 503 entre 5ta. Ave. y Mar, Reparto Barlovento, Santa Fe, Municipio Playa,  
La Habana, Cuba.  
Ministerio de la Industria Alimentaria

#### FORMULARIO DE ENCUESTAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS DE DESECHOS INDUSTRIALES

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre de la Empresa: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

#### CUESTIONARIO:

1. ¿Cuáles son las materias primas utilizadas?

\_\_\_\_\_

2. ¿Qué otros materiales se utilizan durante el proceso?

\_\_\_\_\_

3. ¿Qué cantidad de productos se producen durante el día?

\_\_\_\_\_

4. ¿Tienen algunas variaciones durante el proceso?

\_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la fuente de agua del proceso?

\_\_\_\_\_

6. ¿Qué cantidad de agua se utiliza en la fábrica (por proceso industrial y potable en caso de conocerse)?

\_\_\_\_\_

7. ¿Cuál es el volumen total de aguas de desecho producida? (Separar por cada tipo en caso de conocerse):

\_\_\_\_\_

8. ¿Cuántos canales de salida tiene la fábrica para los residuales? (Por detalles de los resultados por cada canal).

\_\_\_\_\_

9. Dar información precisa del lugar donde son depositados los desechos y su volumen.

\_\_\_\_\_

10. ¿Se da algún tratamiento a los desechos antes de su descarga?

\_\_\_\_\_

11. Si la respuesta es afirmativa, favor dar detalles del tratamiento.

\_\_\_\_\_

12. ¿Han analizado alguna vez el agua bruta de los desechos?

13. Si la respuesta es afirmativa, favor dar detalles de los análisis.

14. Si los desechos son tratados, favor dar análisis de efluentes.

15. Dar detalles de las condiciones físicas cerca de la salida de descarga:

16. ¿Poseen alguna información sobre peces u otros organismos que hayan sido aniquilados a causa de las descargas de desechos de la fábrica?

17. ¿Se mezclan las aguas albañales con las aguas residuales?

18. ¿Cuántos trabajadores intervienen en el volumen de aguas albañales?

19. ¿Han pensado tratar el agua de desecho a la mayor brevedad? Si no se ha hecho, ¿por qué?

20. ¿Cuántos días al año trabaja la fábrica?

21. ¿Cuántos turnos?

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

LUGAR: \_\_\_\_\_

CARGO QUE OCUPA: \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:**

Favor anexar esquema del flujo de producción, señalando aquellos lugares donde haya descarga de residuales.

ENTREVISTADOR: \_\_\_\_\_