

## Evaluación del consumo de agua en las labores productivas de la industria pesquera

Teresita Romero López  
Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH).  
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae). Habana.  
email: [teresita@cih.cujae.edu.cu](mailto:teresita@cih.cujae.edu.cu)

Eddimara Montano Rivero  
Industria Pesquera INDUPIR, Reparto Colón, Sancti Spíritus.

### RESUMEN

El procesamiento de pescado requiere una gran cantidad de agua, generando apreciables volúmenes de agua contaminada. Como resultado de este estudio se detectaron tres salones fundamentales en la industria pesquera INDUPIR: conformados, fondos exportables y escama, con gastos de 7; 36 y 72 m<sup>3</sup>/d respectivamente. En este último salón se determinó el consumo de agua de 15 trabajadores activos en la línea de producción, cuantificando el tiempo, volumen y gasto de agua por trabajador, identificando el consumo mínimo requerido para procesar el pescado. Finalmente, se señalan las medidas técnico organizativas a implementarse para garantizar un uso racional del recurso a través de su cuantificación, planeamiento y administración, recomendándose la implementación de las medidas propuestas en el trabajo, haciéndolas extensivas a otras entidades similares del país.

**Palabras clave:** consumo de agua, evaluación, gestión, industria, pescado.

## Water consumption evaluation in productive labors of Sancti Spíritus fishing industry

### ABSTRACT

Fish processing requires a large water quantity, generating significant volumes of polluted water. Because of this study, there were detected three fundamental halls in INDUPIR fishing industry: shaped, export funds and scales, with water consumption of 7, 36 and 72 m<sup>3</sup>/d respectively. In the latter it was determined the water consumption for 15 active workers belonging to the production line, quantifying time, volume and water consumption per worker and identifying the minimum consumption required for processing fish. Finally, organizational technical measures were identified with the aim to ensure rational use of water through its quantification, planning and administration, recommending the implementation of proposed measures in the paper, extending them to other similar institutions in the country.

**Keywords:** water consumption, evaluation, management, industry, fish

## INTRODUCCIÓN

El agua es una de las sustancias más difundidas y abundantes en el planeta Tierra, aunque se debe destacar que solo el 2,5 % de los recursos hídricos mundiales es agua dulce. Uno de cada cinco habitantes del planeta no tiene acceso al agua potable, demanda que aumentará para la mitad del siglo, considerando que para el 2030 las dos terceras partes del planeta vivirán en ciudades y metrópolis, de ahí que su cuidado, racionalización y preservación sean imprescindibles.

En Cuba, el total renovable de agua dulce está en el orden de 9173 millones de metros cúbicos, siendo el volumen total extraíble de 7286 millones de metros cúbicos (4572 de agua superficial y 2714 de agua subterránea) (ONEI 2013). La reserva de agua dulce por provincias es diferente y depende en gran medida de la cantidad de embalses existentes en cada territorio.

Una de las provincias con mayor reserva de agua es Sancti Spíritus, que desde 1973 cuenta con el embalse de más disponibilidad del mencionado recurso en Cuba (la presa Zaza) (BedinCuba 2013). Su potencial de agua dulce es de 566 hm<sup>3</sup> y de 4 740 hm<sup>3</sup> de agua salobre. Con estos valores, se deduce que el índice de estrés hídrico para Cuba, y por tanto para la provincia es inferior a lo definido por la Organización de Naciones Unidas-ONU (PNUD 2006), que es de 1700 m<sup>3</sup>/habitante por año como valor mínimo, demostrando así la necesidad de ahorrar y utilizar de forma eficiente este recurso natural.

Entre las actividades que demandan un mayor consumo de agua, se encuentran la agricultura, la silvicultura, la industria manufacturera y la pesca (ONEI 2013). Desde el punto de vista industrial, el procesamiento de pescado requiere una gran cantidad de agua, comenzando por el lavado y limpieza, hasta la etapa almacenamiento y refrigeración de los productos, o sea, antes y durante el proceso de industrialización. Muchas de estas plantas procesadoras, generan a su vez grandes volúmenes de agua contaminada y son frecuentemente ineficientes en el uso de la misma (World Bank Group 2007).

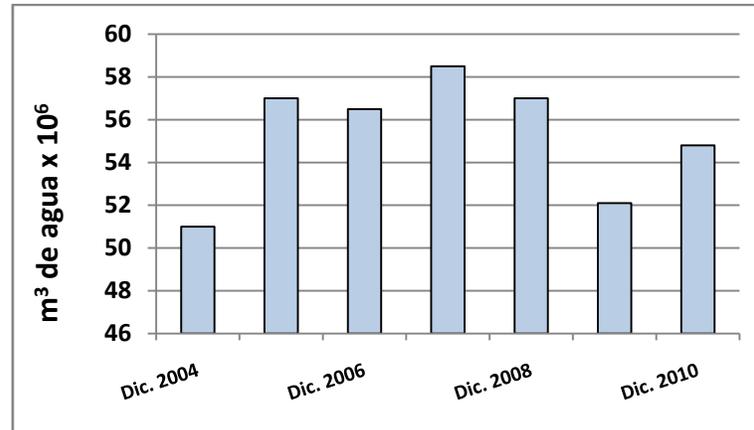
Debido al importante papel que desempeña el agua para la vida y la cantidad de enfermedades que se pueden generar producto de un mal manejo, se hace necesario hacer un análisis a las aguas de abasto a las industrias cubanas y en este caso específico a las espirituanas, constituyendo esta una parte importante de los nueve millones de m<sup>3</sup> con que cuenta el país, según información del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) (ONEI 2013).

El objetivo del trabajo es demostrar el uso irracional del agua que se produce en diferentes entidades procesadoras de pescado, tomando como caso de estudio la Industria Pesquera de Sancti Spíritus (INDUPIR) y en ella, el área de mayor consumo de agua, a modo de poder implementar medidas técnico-organizativas que minimicen el derroche del vital recurso, evaluado los puntos más significativos del sistema de uso del agua en la industria, identificando las potencialidades de mejora en la instalación. A partir de los resultados que se logren, se prevé incrementar la cultura en la utilización racional del agua en el procesamiento de los alimentos, la protección del medio ambiente y los recursos naturales, reduciendo los flujos de residuales vertidos y aumentando la disponibilidad de agua para otros usos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de evaluación al consumo de agua en los salones de producción se realizó en INDUPIR, ubicada en el Reparto Colón, provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

El agua que se utiliza en la instalación es recolectada en una cisterna, bombeándose hacia un tanque elevado que abastece a los salones de procesos. Esta agua proviene de la presa Tuinucú, que tiene una capacidad de  $57 \times 10^6 \text{ m}^3$ , embalse que ha sufrido las inclemencias del tiempo, al igual que muchos otros de la provincia, situación que se demuestra con el gráfico de la figura 1, motivo más que suficiente para avalar la realización del presente estudio.



**Figura 1. Variación del volumen de agua en el transcurso de siete años en la presa Tuinucú**

El estudio de la estructura del gasto de agua en la planta, que sirve como punto de partida para un diagnóstico inicial, permitió determinar en primer lugar, los niveles de consumo en cada área dedicada al procesamiento del pescado, aplicándose para este fin el método volumétrico reportado por Ochoa (2011). Como resultado se detectaron tres salones fundamentales: escama, fondos exportables y conformados.

Esta operación se realizó durante 15 días consecutivos, efectuando tres mediciones por hora a modo de réplicas a la salida de cada salón de proceso. Posteriormente, se procedió a medir el consumo de agua a 15 trabajadores activos de la línea de producción que resultó la de mayor consumo de agua en el estudio precedente (enumerados consecutivamente del 1 al 15), para poder precisar el gasto real de cada uno de ellos al beneficiar la misma cantidad de materia prima.

Estas mediciones se efectuaron nueve veces a cada trabajador, en horarios y meses diferentes, garantizando siempre que la materia prima y el procesamiento fueran similares. El método utilizado para esta operación fue el volumétrico, descrito por Ochoa (2011). Para ello se le destinó a cada uno de ellos una caja con 42 kg de tenca para su beneficiado usual: escamado, eviscerado y obtención de troncho, con talla promedio por ejemplar de 700-900 g.

Se realizaron análisis de clusters con las variables volumen de agua, tiempo de procesamiento y gasto de agua generado por los trabajadores activos en la línea de escama, hallando las

similitudes entre las observaciones emanadas de las mediaciones efectuadas y graficándose en forma de dendogramas, usando el criterio del vecino más cercano (Vicente 2011).

Para los análisis de varianza realizados, los resultados se sometieron a un test de normalidad, determinando posteriormente los grupos que diferían entre sí, según el método recomendado en el estadístico empleado (Holm-Sidak y Tukey). Los análisis estadísticos fueron efectuados usando los paquetes Excel-2003, STATGRAPHICS Centurión Ver. XV y Sigma Stat 3.3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación del consumo de agua por salones y trabajadores

En la investigación, este estudio representa el punto de partida de posteriores análisis, y permite determinar los problemas vitales concernientes al gasto de agua dentro de la industria, así como la aplicación de medidas para reducir el uso del recurso.

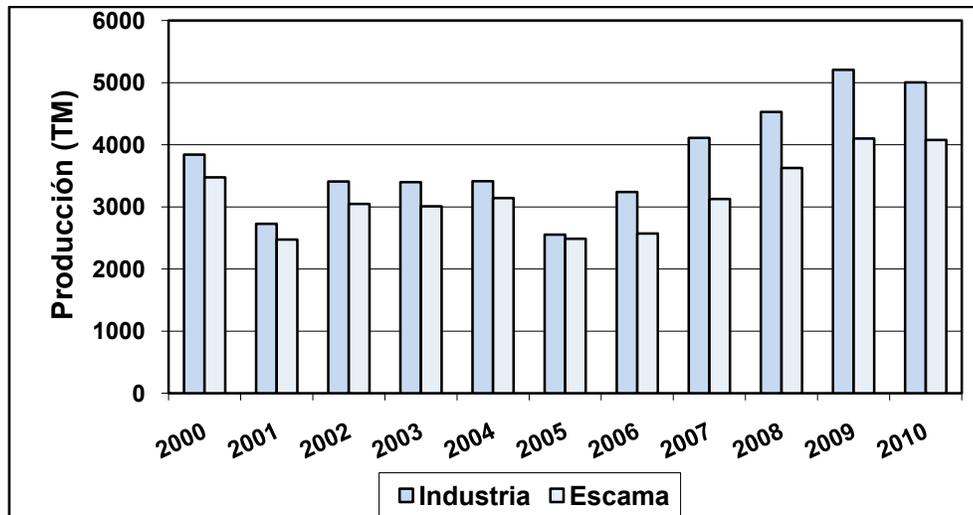
Siguiendo el orden descrito en capítulo anterior, se aplicó el método volumétrico para calcular el gasto de agua en cada salón. La tabla 1 muestra el resumen del procesamiento de los datos de la operación realizada durante 15 días consecutivos de labor (10 horas de trabajo/día), efectuando tres mediciones por hora a modo de réplicas a la salida de cada salón.

De todo lo anterior expuesto, se consideró que la investigación subsiguiente se llevaría a cabo en el salón de escama, por ser la que consume más agua en las labores productivas ( $72 \text{ m}^3/\text{d}$ ) y a la vez, la de mayor potencial en cuanto a recurso humano.

**Tabla 1. Gastos generados en la industria en los diferentes salones de producción**

Salones	Gasto agua ( $\text{m}^3/\text{d}$ )
Conformado	7
Fondos exportables	36
Escama	72
Total	115

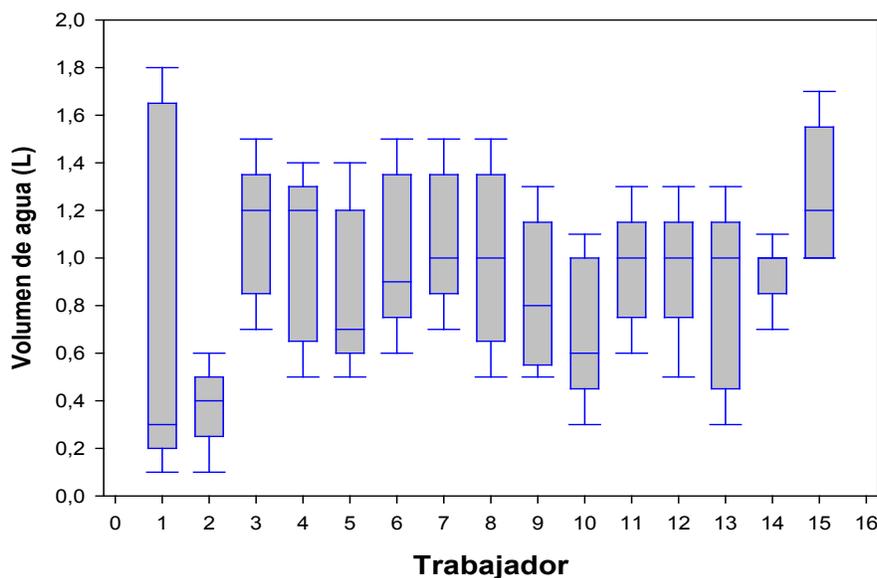
Téngase en cuenta que la producción histórica más cuantiosa siempre se ha realizado en este salón, en comparación con el total de producción de la instalación (figura 2) por lo que se justifica esta área para la realización del estudio planteado.



**Figura 2. Producción anual (2000-2010) de la industria en su totalidad y del salón de escama en particular**

**Determinación del volumen de agua empleado por trabajador en el salón de escama y tiempo requerido para tales fines**

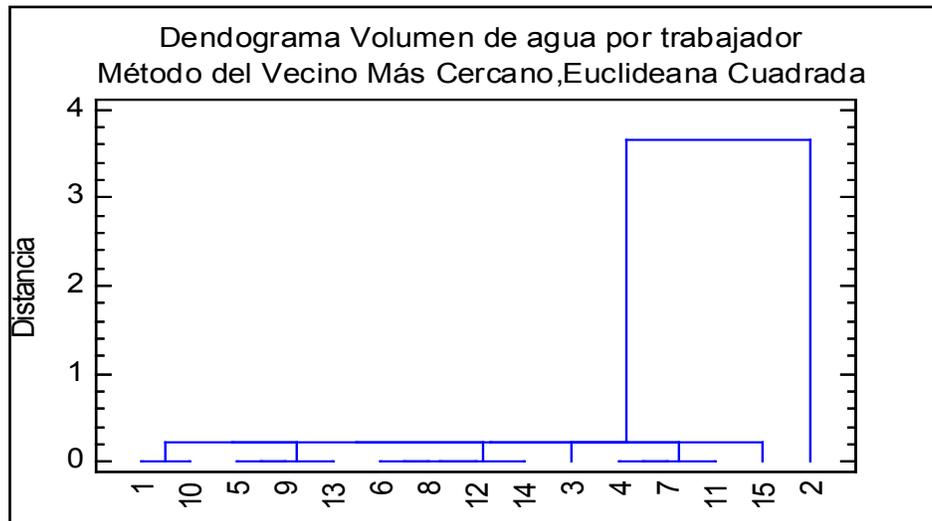
Con los resultados obtenidos en el epígrafe anterior, donde quedó demostrado que el salón de escama requería un estudio más profundo en cuanto a consumo de agua, se confeccionó el gráfico de la figura 3, relativo al volumen medio de agua empleado por cada trabajador en el beneficio de la tenca, al replicarse el experimento en nueve ocasiones. Este intervalo se mantuvo entre 0,2 y 1,8 L.



**Figura 3. Volumen de agua promedio (L) empleado por cada trabajador al procesar 1 kg de materia prima**

Al efectuar el dendograma utilizando el método del Vecino más Cercano, que concentró a los trabajadores con consumo de agua similares al procesar 1 kg de materia prima, se obtuvieron los

resultados expuestos en la gráfica de la figura 4, donde se aprecia claramente que los mismos se agruparon casi en su totalidad en un gran bloque (del 1 al 15), separándose de este conglomerado solamente el trabajador 2.



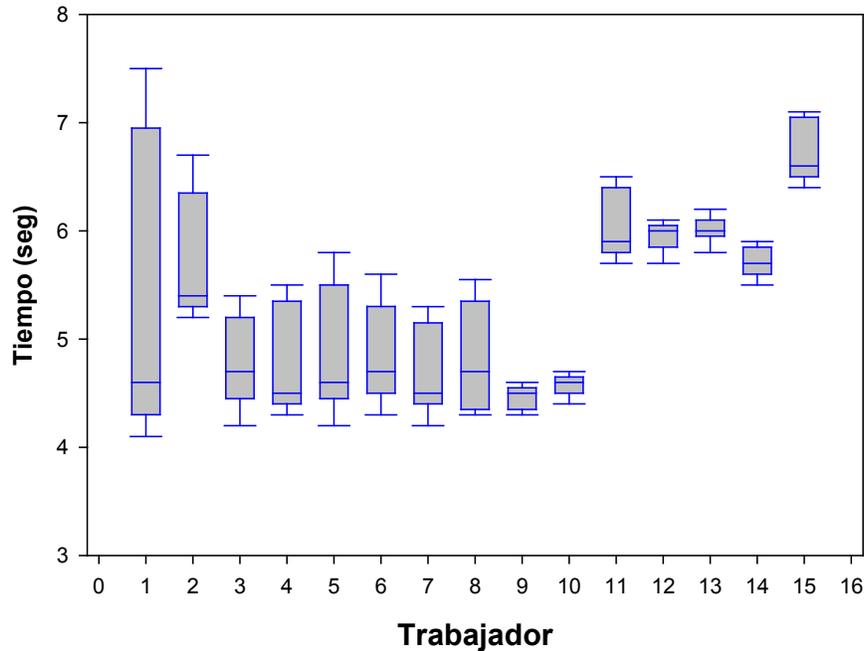
**Figura 4. Dendrograma donde se agruparon los valores según el volumen de agua (L) utilizado por trabajador al procesar 1 kg de materia prima**

El análisis de varianza realizado entre las medias de los valores obtenidos, arrojó que los trabajadores de la columna A (tabla 2) se diferenciaron estadísticamente en cuanto a consumo de agua, de los trabajadores presentados en la columna B, siendo a su vez el número 2 el que reportó los menores consumos en el transcurso de los muestreos efectuados.

**Tabla 2. Diferencias estadísticas entre trabajadores expuestos en las columnas A y B (para el indicador volumen)**

Columna A	Columna B
2	3
	4
	6
	7
	8
	11
	12
	14
	15
10	15

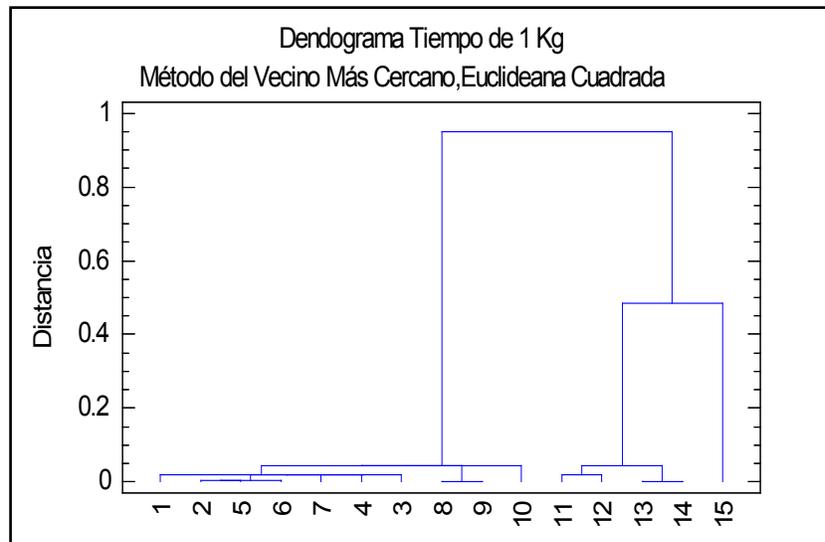
Con respecto al tiempo utilizado en el beneficio de 1 kg de tenca, se argumenta que hubo una variabilidad significativa entre cada trabajador, manteniéndose el mismo en un intervalo entre 4,4 y 7,1 (figura 5).



**Figura 5. Tiempo promedio (seg) empleado por cada trabajador al procesar 1 kg de materia prima**

El dendograma realizado con los valores medios de tiempo empleado en el procesamiento de 1 kg de materia prima y utilizando el método antes mencionado, separó dos grandes grupos: el primero correspondiente a los trabajadores del 1 al 10 de la gráfica y que incluyen a los números 1,2,5,6,7,4,3,8,9,10 y el segundo donde se localizan los números 11,12,13,14 y 15.

Este último presenta características peculiares, que lo distinguen del resto del grupo (figura 6), lo que fue verificado con el análisis de varianza efectuado (las diferencias se muestran entre los trabajadores indicados en las columnas A y B de la tabla 3), demostrándose que el trabajador número 15 se diferenció estadísticamente de más del 50% de los restantes analizados.



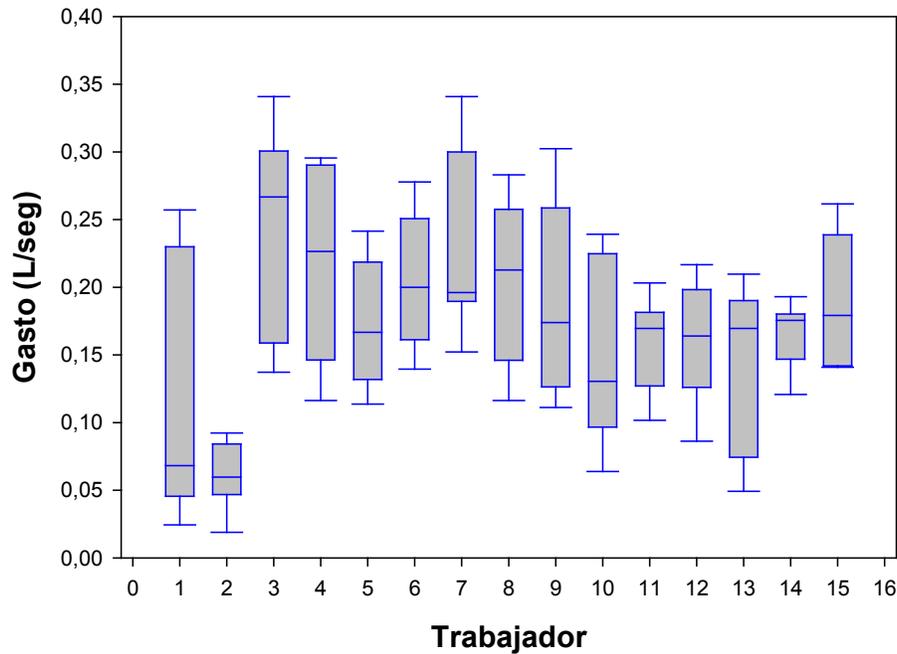
**Figura 6. Dendrograma donde se agruparon los valores según el tiempo (min) empleado por trabajador, al procesar 1 kg de materia prima**

**Tabla 3. Diferencias estadísticas entre trabajadores expuestos en las columnas A y B (para el indicador tiempo)**

Columna A	Columna B	Columna A	Columna B	Columna A	Columna B
15	1	13	3	12	7
	3		4		9
	4		7		10
	5		8		
	6		10		
	7	11	4	2	9
	8		7	14	9
	9		9		
	10	10			

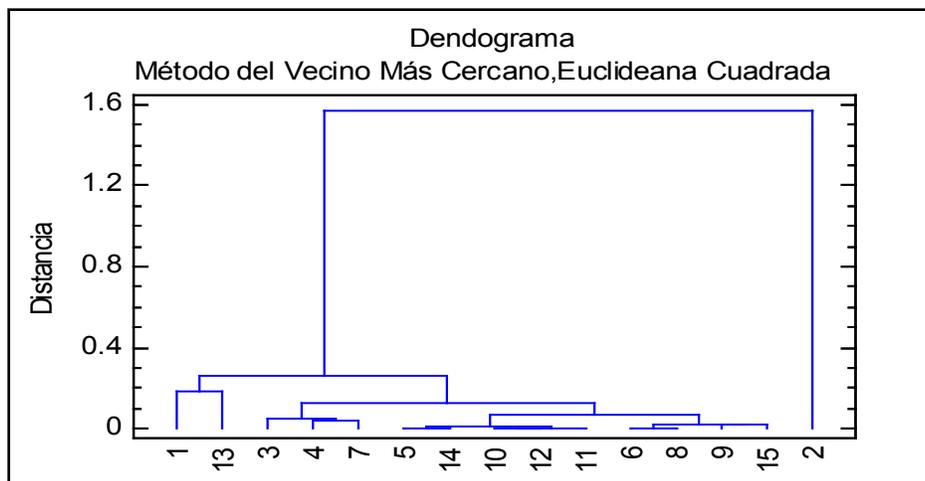
**Determinación del gasto de agua por trabajador, generado en el salón de escama**

El gasto de agua que generó cada trabajador en las labores productivas de la unidad pesquera se muestra en la figura 7 y se mantuvo entre 0,04 y 0,3 L/seg.



**Figura 7. Gasto promedio de agua (L/seg) generado por cada trabajador al procesar 1 kg de materia prima**

Si se observa el dendograma de la figura 8, se comprende que el trabajador 2 se separa de los restantes, con otro subgrupo conformado por los trabajadores 1 y 13, presentando este último conglomerado características algo similares a los restantes grupos. Los análisis estadísticos, expuestos en la tabla 4 (conformada por columnas A y B) dan fe de las diferencias significativas existentes entre el trabajador 2 y la casi totalidad de los restantes.

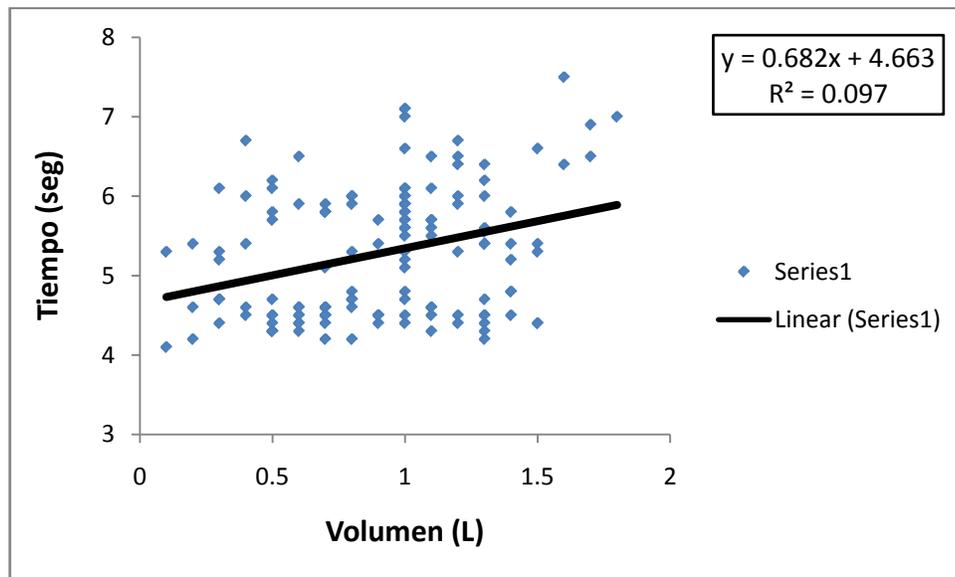


**Figura 8. Dendograma donde se agruparon los valores según el gasto de agua (L/min) generado por cada trabajador al procesar 1 kg de materia prima**

**Tabla 4. Diferencias estadísticas entre trabajadores expuestos en las columnas A y B (para el indicador gasto)**

Columna A	Columna B	Columna A	Columna B
2	3	1	3
	4		4
	5		7
	6	3	13
	7		
	8		
	9		
	12		
	14		
	15		

Analizando todos los indicadores en su conjunto, se entiende que el tiempo empleado en el procesamiento del recurso, es independiente del volumen de agua utilizado para tales fines. Esto se demuestra por la correlación establecida entre ambos factores, que arrojó una  $R^2 = 0,0979$  (figura 9), aunque por la gráfica se aprecia una ligera tendencia al aumento del volumen de agua a medidas que aumenta el tiempo destinado al beneficio del pescado.



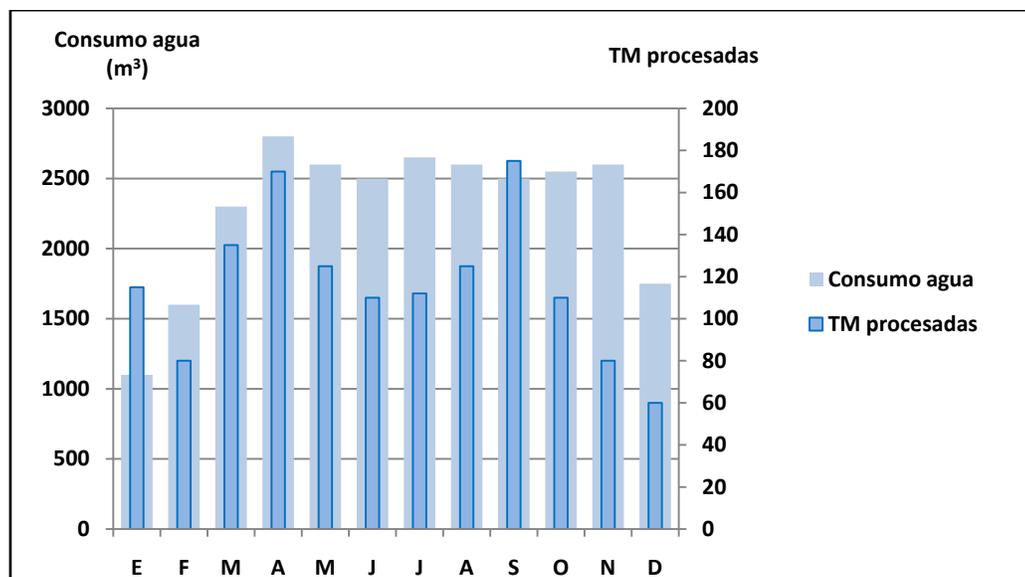
**Figura 9. Correlación existente entre el tiempo empleado para el procesamiento de 1 kg de materia prima y el volumen de agua destinado para tales labores**

En estos casos, lo que debe tomarse en consideración es la relación entre ambos factores, porque a juzgar por los resultados, el trabajador 2, por citar un ejemplo, utilizó un volumen de agua pequeño, pero con un tiempo superior al utilizado por el 50% del total del personal ubicado en la línea de producción; sin embargo, cuando se relacionaron ambas variables, la carga fue la

más baja reportada. Hay que destacar que, según encuestas efectuadas en la propia industria, el trabajador 2 es uno de los más rápidos en el procesamiento del pescado y de los que interiorizan con la profundidad debida, la importancia que reviste el ahorro del agua.

A pesar de lo señalado por AIM (2011), donde se plantea que en un proceso similar en la industria del pescado, la cantidad de agua utilizada es semejante, en este trabajo se contradice tal predicción, porque prácticamente la variabilidad de los resultados estuvo dada fundamentalmente por el factor humano.

El siguiente diagrama de consumo producción en el tiempo (figura 10) muestra períodos en que se producen comportamientos anormales del consumo de agua con respecto a la variación de la producción en INDUPIR, siendo los factores humanos y la poca mecanización del proceso, las causas o factores que ocasionan variaciones significativas de los consumos, y además, el mal estado de las redes hidráulicas de los salones (comunicación de la entidad).



**Figura 10. Diagrama de consumo producción en el tiempo en INDUPIR**

El no poseer máquinas lavadoras, hace que el proceso se lentifique y además se deje de usar una cantidad reducida de agua para las labores productivas, hecho que estaría contemplado en el enfoque de “Producción Más Limpia” de las empresas comprometidas (Rivera 2007). Si se usan cantidades pequeñas de agua en los salones de proceso, el requerimiento total del vital líquido también sería reducido, así como la cantidad de efluentes líquidos y con ello, la capacidad de instalación y el coste del tratamiento de los efluentes líquidos.

Por el contrario, de poseer estas máquinas en las instalaciones productivas, que se encarguen de limpiar, descamar, preparar los filetes y cuerear el pescado, el gasto de agua en el área de procesamiento estaría entre el 15 y el 25% del consumo total de la instalación, tal como lo refiere AIM (2011).

Según se observa en la tabla 5, si el análisis se realiza con el valor medio del gasto de agua de los 15 trabajadores de la línea de producción, entonces el gasto será de 69 m<sup>3</sup>/d, semejante a

lo reportado en la tabla 1. Por el contrario, si los cálculos se realizan con los datos del trabajador que más consume, entonces el gasto será 104 m<sup>3</sup>/d y con el que menos consume de 26 m<sup>3</sup>/d.

**Tabla 5. Valores de gasto según el trabajador**

Trabajador	Gasto reportado por los estudios realizados (L/seg)	Gasto total en la línea de escama (m <sup>3</sup> /d)
Promedio de los 15 trabajadores	0,16	69
3	0,24	104
2	0,06	26

Todo este análisis lleva a la reflexión de que el total de agua empleada en el salón de escama no se corresponde con lo real reportado por la entidad, de ahí que pueda existir algún aporte extra de agua que haga elevar las cifras por concepto de consumo, ya sea por roturas en las instalaciones o por mal estado de las conductoras, por descuido de los propios trabajadores al no mantener una política adecuada de ahorro, por no verificar el cierre adecuado de las llaves al culminar el proceso productivo o en el horario de descanso establecido, entre otros.

El hecho de presentarse todas estas irregularidades en cuanto al uso del agua, apoya a sostener un comportamiento contradictorio con la política del estado y gobierno cubanos relacionada con los recursos hidráulicos, liderado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos-INRH como un órgano de la Administración Central del Estado, que se ha dado a la tarea de perfeccionar, potenciar y jerarquizar la rectoría de los recursos hidráulicos en la nación y hacer cumplir todo lo relacionado con dicha política, así como lo establecido en la Ley del Medio Ambiente (Ley 81 - 1997).

Como culminación a este estudio, se señalan las medidas técnico organizativas que deben implementarse en INDUPIR para garantizar un uso racional del recurso agua a través de su cuantificación, planeamiento y administración.

- Incrementar la mejor utilización de las reservas de agua.
- Realizar un monitoreo y un sistema de registro del agua sistemático por áreas de trabajo.
- Ubicar medidores de agua por área de trabajo.
- Llevar un registro diario de la cantidad de agua que entra a la industria y la que se consume.
- Crear un responsable por área de trabajo encargado del control del agua para evitar su derroche.
- Usar válvulas automáticas en la línea de proceso, que cierren cuando culminen las labores productivas.
- Diagnosticar las posibles pérdidas de agua por fugas y desperdicios.
- Identificar los puntos que signifiquen ahorros inmediatos con pequeñas inversiones, así como los de mayor cuantía y evaluar su rentabilidad.
- Crear un equipo de inspección para el uso eficiente del agua.

- Evaluar de manera técnica económica el uso del agua.
- Calcular los ahorros de agua esperados y los costos estimados asociados con la instrumentación de los proyectos para el uso eficiente del agua.
- Aprovechar más la capacidad instalada mediante la implementación de programas de eficiencia.
- Motivar, concientizar y capacitar a los trabajadores de la industria.
- Revisar el marco regulatorio jurídico cubano, para el uso y preservación del agua.

## CONCLUSIONES

- El trabajo muestra que los puntos más significativos del sistema de uso del agua en INDUPIR son los asociados con el trabajo en el salón de escama.
- El estudio detallado del sistema permitió identificar las potencialidades de mejora del uso del agua en INDUPIR, a partir de la reducción de las pérdidas de agua por problemas de operación en el proceso.
- En el informe se propone un plan de medidas para mejorar el aprovechamiento del recurso agua, después de haber determinado los factores que afectan el aprovechamiento del mismo en INDUPIR.

## RECOMENDACIONES

Que se valore por los órganos de dirección de la organización, las medidas técnico-organizativas propuestas en el trabajo.

## REFERENCIAS

- AIM (2011). “Agua”. Agricultural Information Modules, extraído de [www.linguee.es/espanol-ingles/traduccion/informacion+agraria.html](http://www.linguee.es/espanol-ingles/traduccion/informacion+agraria.html) en agosto de 2013.
- BedinCuba (2013). “Todo sobre Cuba. Geografía. Lagos. Embalses”, extraído de [http://www.bedincuba.com/cuba/cuba\\_informacion\\_geografia\\_lagos\\_embalses.htm](http://www.bedincuba.com/cuba/cuba_informacion_geografia_lagos_embalses.htm) en octubre de 2013.
- Ley 81 (1997). “Ley no. 81 del Medio Ambiente: denominación, principios, conceptos básicos y objetivos”, extraído de [http://www.radiobaragua.cu/ruidos/ruido/disposicion\\_ley\\_81\\_MA\\_cuba.html](http://www.radiobaragua.cu/ruidos/ruido/disposicion_ley_81_MA_cuba.html) en agosto de 2013.
- Ochoa A. L. (2011). “Métodos y sistemas de medición de gasto. Serie autodidacta de medición del agua”. SDG de Administración del Agua. México, extraído de: [www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Fundamentos.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Fundamentos.pdf) en septiembre de 2013.
- ONEI (2013). “Anuario Estadístico de Cuba 2012”. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. Ed. 2013, extraído de [www.onei.cu/aec2012/esp/20080618\\_tabla\\_cuadro.htm](http://www.onei.cu/aec2012/esp/20080618_tabla_cuadro.htm) en octubre de 2013.

**PNUD** (2006). “Más allá de la escasez: poder, pobreza y crisis mundial del agua”. Informe sobre desarrollo humano, extraído de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml> en marzo de 2013.

**Rivera G.** (2007). “Generación de residuales líquidos por la industria alimentaria”. Manual para la gestión eficiente del agua en la Industria Alimentaria. ONUDI/IIIA, 77 pp. La Habana.

**Vicente V. J. L.** (2011). “Introducción al análisis de clusters”, extraído de <http://biplot.usal.es/alumnos/ciencias/2estadistica/multivar/cluster.pdf> en octubre de 2013.

**World Bank Group** (2007). “Health and Safety Guidelines for Fish Processing” International Finance Environmental Corporation. Washington, DC, USA, extraído de <http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines> en noviembre de 2013.