

## LOS RESIDUALES LÍQUIDOS Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL EN INDUSTRIAS CAMAGÜEYANAS

A. Montalván Estrada\*, F. Martínez Luzardo\*\*, Z. Sanz Ramos\*, O. Brigido Flores\*, E. Veitia Rodríguez\*, L. Cabrera Basulto\*

\*Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey, \*\*Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Ciudad Habana

*La contaminación de las aguas superficiales es uno de los problemas ambientales identificados en Cuba, tal como lo refleja la Estrategia Ambiental Nacional para el período 2007-2010. La industria tiene características que la hacen foco de atención de la comunidad en lo concerniente a su desempeño ambiental, en específico la presencia de corrientes de salida secundarias sin una utilidad inmediata (desechos). El objetivo de este trabajo es establecer la correlación que existe entre el desempeño ambiental de una industria y el impacto ambiental de sus efluentes. Con tal propósito se utilizó una base de datos recopilada durante siete años de trabajo en el sector empresarial camagüeyano, que posee información sobre monitoreos y caracterizaciones de efluentes líquidos, indicadores de desempeño ambiental, y calidad de aguas superficiales. Se emplearon los métodos de la estadística descriptiva e inferencial, que incluyeron el análisis multivariado. Los resultados indican que la gestión de residuales líquidos más efectiva se realiza en industrias que poseen las siguientes características: tienen un sistema de gestión ambiental implantado, se encuentran en el proceso de perfeccionamiento empresarial, vierten sus residuales líquidos en cuerpos de aguas superficiales de categoría uno, según la NC 27:1999. Se propone un índice de incumplimiento normativo, cuyo valor medio muestra diferencias estadísticamente significativas según sea la naturaleza de la contaminación: orgánica o inorgánica. Se concluye que existe una correlación fuerte entre el desempeño ambiental de una industria y el impacto ambiental de sus efluentes.*

**Palabras clave:** residuales líquidos, gestión ambiental empresarial, industria, análisis multivariado, calidad aguas superficiales.

*Pollution of surface water is one of the identified environmental problems in Cuba, as reflected in the National Environmental Strategy for 2007-2010. The industry has characteristics that make them the focus of attention of the community with regard to its environmental performance, specifically the presence of high output currents without immediate use (waste). The aim of this work is to establish the correlation between environmental performance of industry and the environmental impact of their effluents. To this end we used a database compiled over seven years working in the corporate sector Camaguey, which has information on monitoring and characterization of wastewater, environmental performance indicators and quality of surface water. We used the methods of descriptive and inferential statistics, which included the multivariate analysis. The results indicate that the liquid waste management is made more effective in industries that have the following characteristics: they have an environmental management system in place, are in the business improvement process, discharge their liquid waste into surface waters of category one According to the NC 27:1999. Showed the rate of noncompliance with a mean value shows significant differences depending on the nature of the contamination: organic or inorganic. We conclude that there is a strong correlation between environmental performance of industry and the environmental impact of their effluents.*

**Key words:** liquid waste, environmental management business, industry, multivariate analysis, surface water quality.

### Introducción

“Los ecosistemas de agua dulce proporcionan los sistemas de eliminación de desperdicios más

cómodos y baratos. Sin embargo, ya que el hombre está abusando de este recurso natural, está claro que un esfuerzo principal para reducir esta presión ha de producirse rápidamente, pues, en

---

otro caso, el agua se convertirá en el factor limitativo para la especie hombre".

La abundancia del agua ha ido declinando a ritmo acelerado en los últimos 50 años. En 1950 la disponibilidad potencial de recursos hídricos era como promedio de 17 000 m<sup>3</sup> per cápita; en la actualidad esta disponibilidad es de 6 600 m<sup>3</sup> per cápita; y se estima que para el 2025 la disponibilidad caerá hasta 4 800 m<sup>3</sup> per cápita.

Diversos autores /1/ atribuyen la reducción en la disponibilidad de agua a la combinación de los siguientes factores: de un lado, el aumento del consumo de agua debido al incremento de la población y su calidad de vida; de otro lado, los impactos de la actividad humana en el ciclo hidrológico, en especial la contaminación.

La contaminación de las aguas superficiales es uno de los problemas ambientales identificados en Cuba, tal como lo refleja la Estrategia Ambiental Nacional para el período 2007-2010 /2/. La industria tiene características que la hacen foco de atención de la comunidad en lo concerniente a su desempeño ambiental, en específico la presencia de corrientes de salida secundarias sin una utilidad inmediata (desechos). Diversos autores como Ehrenfeld /3/, Lee y Rhee /4/, consideran que el medio ambientalismo corporativo ha evolucionado a través de un proceso de aprendizaje adaptativo, y clasifican las estrategias ambientales en diferentes períodos:

- Era de la ignorancia: (hasta 1976)
- Era del cumplimiento: (1977-1990)
- Era del cumplimiento estratégico: (1991-2000)

Para Baracchini /5/, la empresa emprende un viaje que se inicia con la conformidad legal, pasa por el manejo de los riesgos ambientales, y sigue hacia las estrategias a largo plazo de desarrollo sostenible. Aunque el logro de una economía de cero residuos es extremadamente complicado, si existe la opinión<sup>6</sup> de que la mejoría del desempeño ambiental de la industria favorece la disminución de las cantidades de desechos generados y dispuestos, mediante el recobrado y reuso dentro de la propia planta (25-75 % de reducción), recobrado y venta de desechos a otras plantas, creación de complejos industriales que unen a las industrias generadoras de desechos y a las usuarias de los mismos.

En Mayo del 2007, en el inventario nacional de fuentes contaminantes (CITMA, 2007) se registraban 112 fuentes pertenecientes a la provincia de Camagüey, las cuales generaban un total de 17 295 T/año de carga contaminante expresada como DBO<sub>5</sub> y disponían un total de 9 559 T/año en 18 cuencas hidrográficas del territorio.

El sector industrial camagüeyano centra su actividad en el procesamiento de alimentos, destacándose las industrias azucarera, láctea, conservera, cárnica, y de procesamiento de pescados. En las cuencas hidrográficas del San Pedro y el Saramaguacan se concentra el 50 % de las fuentes contaminantes, las cuales disponen el 65,6 % de la carga contaminante expresada como DBO<sub>5</sub>.

Aunque en la composición de las aguas residuales vertidas por un elevado por ciento de las industrias camagüeyanas predominan las sustancias orgánicas biodegradables, en cuyo tratamiento pueden emplearse métodos relativamente baratos, resultados de estudios de calidad del agua en cuencas hidrográficas de interés /7/ muestran que la elevada carga contaminante que reciben estos cuerpos receptores ha modificado notablemente sus características originales, debido a que las capacidades auto purificadoras son incapaces de restablecer el equilibrio ecológico. Este deterioro de la calidad del agua limita su aprovechamiento para usos como la agricultura y la acuicultura.

El objetivo de este trabajo es establecer la correlación que existe entre el desempeño ambiental de una industria y el impacto ambiental de sus efluentes. Con tal propósito se utilizó una base de datos recopilada durante siete años de trabajo en el sector empresarial camagüeyano, que posee información sobre monitoreos y caracterizaciones de efluentes líquidos, indicadores de desempeño ambiental, y calidad de aguas superficiales.

## Metodología

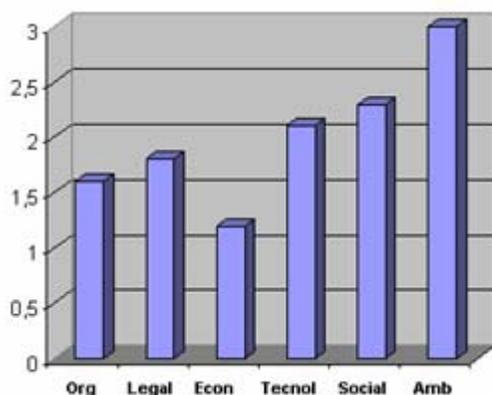
Para el estudio se empleó una base de datos que recoge información sobre quince industrias de la provincia de Camagüey, en lo concerniente a su desempeño ambiental y resultados de monitoreos o caracterizaciones de aguas residuales. Los ensayos para la determinación de

parámetros en aguas y aguas residuales se realizaron según el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”/8/. La evaluación de las dimensiones de la gestión ambiental se realizó mediante una encuesta a los responsables en las industrias que conforman la muestra. El impacto ambiental de las aguas residuales se evaluó tomando como referencia la NC 27:99 “Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones”.

El análisis de los datos se realizó con ayuda de las herramientas de la estadística descriptiva e inferencial, incluyendo el análisis multivariante /9/; se empleó el paquete estadístico StatGraphics Plus 5.0.

## Resultados y discusión

La encuesta aplicada en las industrias permitió obtener una valoración del desempeño ambiental de las mismas, tomando en consideración las dimensiones organizativa, legal, económica, tecnológica, social y ambiental.



**Gráfico 1: Evaluación de las dimensiones, obtenida en la encuesta.**

En el sector industrial se considera que la dimensión económica en la gestión de aguas residuales es deficiente debido a que los montos de las inversiones son insuficientes, se hace poco uso de las herramientas de la economía ambiental y el aprovechamiento económico de estas aguas es ínfimo. Las dimensiones organizativas y legales están en el rango entre deficientes y regulares; en el caso de la primera, el sector industrial ha incorporado paulatinamente

la dimensión ambiental en su gestión, promoviendo la capacitación de sus trabajadores en estas temáticas. Sin embargo, existen deficiencias en el establecimiento de estrategias ambientales y la implantación de sistemas de gestión ambiental; por demás, el empleo de las herramientas informáticas en el proceso de gestión es muy bajo.

La dimensión tecnológica se considera de regular, debido a que el empleo de las tecnologías al final del tubo predomina sobre las tecnologías limpias. Además, la mitad de las industrias que conforman la muestra no cuentan con sistemas de tratamiento, vertiendo sus residuales directamente al alcantarillado o a cursos de aguas superficiales. En más del 80 % de las industrias que cuentan con sistema de tratamiento, éste consiste de lagunas de oxidación o estabilización; las lagunas requieren de trabajos de mantenimiento, eliminación de infiltraciones; extracción de lodos, material flotante, plantas acuáticas; eliminación de vegetación en los taludes; reparación de tuberías. La tecnología de lodo activado se utiliza en una de las industrias de la muestra, pero en la actualidad el sistema está inutilizado.

La dimensión social en la gestión también se considera de regular, atendiendo a la imagen que proyecta la organización en la comunidad. Existen reportes de quejas de la población por el vertimiento de aguas con hidrocarburos que afectan el uso para el riego agrícola. Por su parte, la dimensión ambiental de la gestión es considerada de satisfactoria por parte de los responsables de la gestión ambiental en las industrias. Esta percepción podría explicarse sobre la base del desconocimiento del grado de afectación que causan los residuales vertidos en los cuerpos de aguas superficiales.

Debido a las características de la economía cubana, debiera esperarse poca variación en la gestión de aguas residuales entre las diferentes industrias. Sin embargo el empleo del análisis discriminante demostró que si se emplea como factor de clasificación al ministerio al cual pertenece la industria, es posible clasificar correctamente a las industrias atendiendo a las dimensiones organizativas, tecnológicas y sociales de su gestión.

Al respecto cabe señalar el trabajo de las industrias vinculadas al MINBAS, muchas de las

cuales están en alguna de las etapas del proceso de perfeccionamiento empresarial.

Tabla 1  
Resumen de la información sobre las industrias de la muestra

Ministerio	Empresas	Perfeccionamiento	SGA*	NP**	IIN***
MP	1	0	0	4	17
MINAL	6	1	1	29	28
MINBAS	5	5	2	18	52
MINIL	3	0	0	14	244

\* SGA-Sistema de Gestión Ambiental

\*\* NP-número de parámetros que incumplen la norma

\*\*\* IIN-índice de incumplimiento normativo

Las industrias pertenecientes al MINBAS poseen una participación más activa en el proceso de perfeccionamiento empresarial y la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental. El número de parámetros que se incumplen per cápita, es también el menor para estas industrias (3,6). Por su parte el índice de incumplimiento normativo es mayor para las industrias del MINIL y el MINBAS, debido a que

los residuales líquidos contienen sustancias inorgánicas para las cuales los límites permisibles de vertimiento son menores, debido a su toxicidad. Al respecto, la prueba de rangos múltiples muestra diferencias estadísticamente significativas entre el índice de incumplimiento normativo para parámetros orgánicos (IINO) e inorgánicos (IINI), siendo la media muy superior en el segundo caso.

Tabla 2  
Resultados de la prueba de rangos múltiples

Método: 95,0 por ciento LSD

	Conteo	Media	Grupos homogéneos
IINO	6	29,9833	X
IINI	5	196,72	X
-----			
Contraste			Diferencia +/- Límites
IINI - IINO			*166,737 166,524

\* denota una diferencia estadísticamente significativa

Tabla 3  
Información sobre las industrias de la muestra

Ministerio	Carga, T <sub>DBO</sub> /año	DBO, mg/L	DQO, mg/L	DBO/DQO
MP	16	82	627	0,13
MINAL	477	395	582	0,68
MINBAS	42	135	965	0,14
MINIL	32	893	3564	0,25

La tabla 3 refleja que el MINAL es responsable de la mayor contribución a la carga contaminante de origen orgánico biodegradable, la cual se controla en

el inventario de fuentes contaminantes y balances de carga emitidos periódicamente por dependencias del CITMA. La relación DBO/DQO muestra que el

tratamiento biológico de las aguas residuales sería mas efectivo para las industrias del MINAL.

Sin embargo, la prueba de Chi cuadrado indica que el número de parámetros fuera de norma es independiente de la existencia o no de sistemas de tratamiento.

Tabla 4  
Tabla de contingencia

Tratamiento	Número de parámetros			Total
	0-2	3-5	>5	
Si	1	3	1	5
No	2	6	2	10
Total	3	9	3	15

$$\chi^2_{0,95} (2) = 5,9915; \chi^2 = 0,00$$

La explicación de lo anterior se debe buscar en la ineficiencia de los sistemas de tratamiento empleados, debido a la falta de mantenimiento y control de los parámetros de explotación.

También, la prueba de Chi cuadrado muestra que el valor del índice de incumplimiento normativo es independiente de la existencia o no de sistemas de tratamiento, lo cual tendría la misma causa que en el caso anterior.

Tabla 5  
Tabla de contingencia

Tratamiento	Número de parámetros			Total
	0-50	51-100	>100	
Si	4	1	0	5
No	5	2	3	10
Total	9	3	3	15

$$\chi^2_{0,95} (2) = 5,9915; \chi^2 = 2,00$$

Las empresas en perfeccionamiento tienen rasgos comunes en cuanto a su desempeño ambiental, tal como muestran los resultados del análisis discriminante realizado.

Tabla 6, Análisis discriminante

Variable de clasificación: Perfeccionamiento  
Variables independientes: DBO, DA, DE, DO, DQO, DT, IIN, Inv Fuentes, NP, SGA, S S, Tratamiento.

Tabla de clasificación:

Real Perf	Tamaño Grupo	Predicho Perf	
		no	si
no	9	9 (100,00 %)	0 (0,00 %)
si	6	0 (0,00 %)	6 (100,00 %)

Porcentaje de casos correctamente clasificados: 100,00 %.

En el sector industrial camagüeyano existe un grupo de industrias que ha asumido un papel más activo en su gestión ambiental, apoyadas en el perfeccionamiento empresarial y la implantación de sistemas de gestión ambiental; estas industrias se caracterizan por el vertimiento de aguas residuales con fuerte presencia de compuestos inorgánicos e hidrocarburos, los cuales presentan una elevada toxicidad. Por otro lado, existe otro grupo importante de industrias que muestran una elevada pasividad en su gestión ambiental, debido a que sus aguas residuales son de origen orgánico biodegradable y existe la percepción generalizada de que la toxicidad de las mismas es baja.

## Conclusiones

Las industrias del territorio poseen rasgos comunes dentro de cada ministerio, en lo concerniente a las dimensiones organizativas, tecnológicas y sociales de su gestión.

El cumplimiento de la NC 27:99 constituye un reto para la gran mayoría de las industrias estudiadas.

El MINAL es responsable de la mayor contribución a la carga contaminante biodegradable originada en el sector industrial.

La recuperación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento es vital para lograr mayores niveles de eficiencia.

Las industrias con vertidos de mayor toxicidad muestran un desempeño ambiental más activo, mediante el perfeccionamiento empresarial y la implantación de los sistemas de gestión ambiental.

---

Las industrias con vertidos de menor toxicidad muestran un desempeño ambiental más pasivo.

## Bibliografía

1. C. Terry Berro "Gestión de residuales líquidos desde la perspectiva del consumo sustentable" Memorias de la VI Convención de Medio Ambiente, Ciudad Habana (2007).
2. CITMA "Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010" Editorial GEO, La Habana (2007).
3. J. Ehrenfeld "Industrial ecology: a new field or only a metaphor?" *Journal of Cleaner Production*, 12(8-10): 825-831 (2004).
4. Lee, Su-Yol, Rhee, Seung-Kyu "From end-of-pipe technology towards pollution preventive approach: the evolution of corporate environmentalism in Korea" *Journal of Cleaner Production*, Mar2005, Vol. 13 Issue 4, p387-395, 9p (2005).
5. P. Baracchini "Guide á la mise en place du management environnemental en entreprise selon ISO 14 001" Deuxième édition, Presses Polytechniques et universitaires romandes, Lausanne (2004).
6. N.L Nemerow "Zero pollution for Industry: waste minimization through industrial complexes" Wiley-IEEE (1995).
7. Montalván Estrada, O. Brígido Flores "Autopurificación en aguas del Río Hatibonico". *Revista Cubana de Química*, Vol. XVII, No 3, pg (46-58) (2005).
8. AWA, APHA "Standard Methods for the examination of water and wastewater" Edición 20 (en CD-ROM); Nueva Cork (2000).
9. J. F. Hair, Jr., R.E. Anderson, R. L. Tatham, W. C. Black. *Análisis Multivariante*. Prentice Hall Iberia. Madrid (1999).