

## EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y PROPUESTA DE INDICADORES AMBIENTALES EN EL TALLER DE OBTENCIÓN DEL 2-(2 NITROVINIL FURANO) DEL CENTRO DE BIOACTIVOS QUÍMICOS

MSc. María Isabel Díaz-Molina, [midiaz@uclv.edu.cu](mailto:midiaz@uclv.edu.cu), Dr. Zenaida Rodríguez-Negrín, Dr. Iván L. Rodríguez-Rico, MSc. Marlene Brito-Martínez  
Centro de Bioactivos Químicos, Villa Clara, Cuba

*El presente trabajo se realiza en el taller de obtención del bioactivo 2-(2 nitrovinil furano), conocido como G-0, perteneciente al Centro de Bioactivos Químicos (CBQ). El G-0 se caracteriza por tener aplicaciones como: insecticida, antiparasitario, antibacteriano y antifúngico; además constituye la materia prima fundamental para la producción del ingrediente farmacéutico activo 2-bromo-5-(2-bromo-2-nitrovinil)-furano, (G-1). A partir de una revisión ambiental inicial en las operaciones del taller se identifican las acciones impactantes y los factores ambientales impactados. La relación causa- efecto entre las acciones impactantes y los factores impactados se representa en una matriz de identificación cualitativa. Se realiza una valoración cualitativa por medio de la matriz de importancia de Conesa, utilizando los atributos propuestos por este autor para la valoración de la importancia del impacto. Este análisis nos permite hacer la propuesta de indicadores para los aspectos ambientales relevantes.*

**Palabras clave:** evaluación de impacto ambiental, indicadores ambientales, gestión ambiental.

*This work is carried out in the workshop of production belonging to the Chemical Bioactive Center (CBQ). The G-0 or 2-(2 nitrovinyl furan) is well-known for its applications such as insecticide, antiparasitic, antibacterial, antifungal and also constitutes the main raw material for production of Active Pharmaceutical Ingredient 2-bromo-5-(2-bromo-2-nitrovinyl)-furan,(G-1). From an initial environmental review on the operations of this workshop, we identified the impacting actions and impacted environmental factors. The cause-effect relationship between impacting actions and impacted factors is represented on a qualitative identification matrix. We performed a qualitative evaluation using the Conesa's importance matrix weighting it with the attributes proposed by this author to assess the importance of the impact. This analysis allows us to do the proposal of indicators for relevant environmental aspects.*

**Key words:** environmental impact assessment, environmental indicators, environmental management.

### Introducción

La actividad productiva es uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico. Sin embargo, los residuos generados y el excesivo consumo de recursos naturales, pueden constituirse en agentes de deterioro del medio ambiente, restando sustentabilidad al crecimiento económico. Como consecuencia de ello, la dimensión ambiental ha adquirido mayor importancia en el diseño de procesos, en la toma de decisiones de inversión y en la gestión productiva /8/.

Cada entorno y cada proyecto tienen sus factores medioambientales y sus acciones específicas, de manera que no se puede confeccionar una lista de acciones y factores de manera general /2/.

Las nuevas estrategias para reducir el impacto ambiental derivado de la actividad industrial, se basan en un enfoque integral preventivo, que privilegia una mayor eficiencia de utilización de los recursos materiales y energéticos, incrementando simultáneamente la productividad y la competitividad. Ello involucra la introducción de medidas tecnológicas y de gestión que permiten reducir los consumos de materiales y energía, prevenir la generación de residuos en su fuente misma, y reducir los riesgos operacionales y otros posibles aspectos ambientales adversos, a través de todo el ciclo de producción /8/.

### Fundamentación teórica

Es necesario realizar esfuerzos para identificar y reducir las pérdidas de recursos y afectacio-

nes a la salud en el proceso productivo y elevar la productividad del mismo. Después de realizar la Revisión Ambiental Inicial del proceso estamos en condiciones de hacer la Evaluación de Impacto Ambiental para evaluar la incidencia ambiental sobre el entorno natural y social de la zona en que se sitúa.

Se requiere, conocer las relaciones causa-efecto entre aspectos e impactos ambientales y contar con modelos matemáticos para fines predictivos. Cualquier plan para mejorar el desempeño ambiental de una organización debe estar basado en el conocimiento de su desempeño actual, es decir de sus impactos ambientales. La organización debe identificar los aspectos ambientales teniendo en cuenta los elementos de entrada y los resultados asociados a sus actividades actuales o pasadas pertinentes, a los productos o servicios, a los desarrollos nuevos o planificados, o a las actividades, productos y servicios nuevos o modificados. Después del análisis del proceso y obtener los impactos ambientales negativos, definir indicadores ambientales es muy importante como herramientas que marcan las tendencias de los fenómenos, como guía objetiva para planear las políticas a seguir y lograr el mejoramiento continuo.

El trabajo se realiza en el taller de obtención del bioactivo 2-(2 nitrovinil furano) a partir de derivados de la caña de azúcar y tuvo como objetivo la evaluación de Impacto Ambiental en este taller y la propuesta de indicadores para los asuntos ambientales relevantes determinados en el estudio.

## Métodos utilizados

A partir de la revisión ambiental inicial y el análisis del proceso se identifican las acciones impactantes y los factores ambientales impactados. La primera relación de acciones-factores proporciona una percepción inicial de los efectos que resultan más sintomáticos debido a su importancia y forman el esqueleto de la primera matriz. Posteriormente se configura la matriz para realizar la valoración cualitativa donde se analizan en primer lugar las principales acciones que pueden causar

impactos y posteriormente los factores susceptibles de recibirlos /2/.

Una vez identificada la relación causa-efecto entre las acciones impactantes y los factores ambientales impactados se procede a realizar una valoración cualitativa por medio de la matriz de importancia de Conesa, utilizando los atributos propuestos por este autor para la valoración de la importancia del impacto.

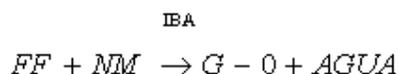
Surge también la inquietud por desarrollar indicadores ambientales propios para nuestro proceso productivo necesarios para dirigir el curso de un futuro sustentable.

## Resultados y discusión

### Descripción del proceso de obtención de G-0

La reacción entre el furfural y el nitrometano, ocurre a través de un mecanismo complejo, obteniéndose como producto el G-0 /1/.

La reacción correspondiente a la formación de G-0 es:



El proceso de producción del 2-(2-nitrovinil)-furfural se desarrolla de forma discontinua, consta de tres etapas: síntesis, cristalización-centrifugación y purificación. En un reactor de 6 litros con condensador de reflujo y calentamiento en un baño de aceite se agrega el nitrometano, la isobutilamina y posteriormente el furfural. El baño de calentamiento es mantenido a 115 °C y el proceso de reflujo se mantiene durante 3,5 h. Después de pasado ese tiempo pasa al equipo de cristalización, se deja reposar la mezcla reaccionante, se pesa y se pone a cristalizar en nevera a la temperatura de - 15 °C durante 18 h /7/.

El producto de la cristalización se somete a un proceso de centrifugación obteniéndose la masa cristalina impura de G-0 y un licor residual, el cual contiene nitrometano, furfural y otros productos. El producto crudo se purifica.

Se determina el rendimiento del proceso a través de la cuantificación del G-0 en el crudo que



---

## Identificación de acciones impactantes y factores impactados en la etapa de funcionamiento

En la tabla 1 se identifican las acciones impactantes y los factores ambientales impactados.

Tabla 1  
Relación de acciones impactantes y los factores ambientales impactados

Acciones Impactantes	Factores Impactados
A <sub>1</sub> : Almacenamiento de productos químicos	F <sub>1</sub> : Aire
A <sub>2</sub> : Consumo de materias primas	F <sub>2</sub> : Suelos
A <sub>3</sub> : Consumo de energía eléctrica	F <sub>3</sub> : Aguas superficiales y subterráneas
A <sub>4</sub> : Consumo de aceite térmico	F <sub>4</sub> : Flora
A <sub>5</sub> : Consumo de agua	F <sub>5</sub> : Fauna
A <sub>6</sub> : Generación y emisiones de residuos gaseosos	F <sub>6</sub> : Salud y seguridad de trabajadores y la población aledaña
A <sub>7</sub> : Generación y emisiones de residuos líquidos	
A <sub>8</sub> : Generación y emisiones de residuos sólidos	
A <sub>9</sub> : Emisiones de ruidos	
A <sub>10</sub> : Accidentes químicos	

Entre los principales impactos ambientales asociados a la producción de G-0, se destacan: contaminación atmosférica por gases y polvos, contaminación de los suelos por residuales líquidos y sólidos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas por residuos líquidos, gaseosos y sólidos, agotamiento del recurso agua, pérdida de biodiversidad y afectación a

la seguridad y salud de trabajadores y población aledaña.

### Identificación de las relaciones causa-efecto

La relación causa-efecto entre las acciones impactantes y los factores impactados se representa en una Matriz de identificación Cualitativa. (tabla 2).

Tabla 2  
Matriz de identificación cualitativa

Factores impactados	Acciones impactantes									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>
F1	x		x	x		x	x	x		x
F2	x					x	x	x		x
F3	x	x			x	x	x	x		x
F4	x		x	x		x	x	x		x
F5	x		x	x		x	x	x	x	x
F6	x			x	x	x	x	x	x	x

### Valoración de los impactos: Valoración cualitativa usando la matriz de importancia de Conesa

Una vez identificada la relación causa-efecto entre las acciones impactantes y los factores ambientales impactados se procede a realizar una

valoración cualitativa por medio de la matriz de importancia de Conesa, utilizando los atributos propuestos por este autor para la valoración de la importancia del impacto.

También se realizan las determinaciones de las importancias absolutas y relativas, esta última ponderadas según las unidades de importancia (UIP).

Tabla 3  
Matriz de importancia

Factores Afectados	Acciones Impactantes											IMP. TOTAL	
	UIP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	IA	IR
	F1	100	-33	0	-12	-21	0	-63	-26	-23	0	-41	-219
F2	100	-34	0	0	0	0	-28	-68	-40	0	-37	-207	-36
F3	100	-29	-54	0	0	-63	-28	-46	-38	0	-37	-295	-51
F4	100	-28	0	-3	-24	0	-31	-32	-26	0	-31	-175	-30
F5	100	-25	0	-3	-21	0	-31	-32	-26	-36	-31	-205	-36
F6	75	-30	0	0	-34	-63	-31	-32	-29	-39	-53	-311	-41
IMP. TOTAL	IA	-179	-54	-18	-100	-126	-212	-236	-182	-75	-230	-1412	
	IR	-30	-9	-3	-16	-19	-36	-40	-30	-11	-38		-232

Los resultados de la matriz de importancia anterior permiten ordenar jerárquicamente las acciones más impactantes y los factores ambientales más impactados según las importancias absolutas y relativas. Se observa similar comportamiento de ambas importancias, lo cual es atribuible a que los factores ambientales impactados tiene asignado el mismo valor de UIP.

Las acciones impactadas en orden decreciente son: generación y emisiones de residuos líquidos > accidente químicos > generación y emisiones residuos gaseosos > generación y emisiones de residuos sólidos > almacenamiento de productos químicos > consumo de agua > consumo de aceite térmico > emisiones de ruidos > consumo de materias primas > consumo de energía eléctrica.

Los factores ambientales en orden decreciente son: salud y seguridad de trabajadores y población aledaña > aguas superficiales y subterráneas > aire > suelos > fauna > flora.

### Propuesta de indicadores para los asuntos ambientales relevantes determinados en el estudio

En la tabla 4 se presentan los problemas ambientales relevantes determinados en el proceso de producción del bioactivo G-0 y la propuesta de indicadores para realizar el seguimiento y medición del proceso.

Tabla 4  
Propuesta de indicadores para asuntos ambientales relevantes

Parámetro problema	Indicador de causa	Indicador
<b>Residuos</b>	Generación de residuos líquidos	- residual resultante de la operación de centrifugación/ Kg de G-0 producido  - alcohol resultante de la operación de purificación/ Kg de G-0 producido
	Generación y emisiones de residuos sólidos	Carbón residual generado/ Kg G-0 producido
<b>Contaminación atmosférica</b>	Generación y emisiones residuos gaseosos	-Concentración de gases/ síntesis  -Concentración de partículas y micropartículas/ etapa de purificación  -Concentración de partículas y micropartículas/ etapa de envasado
<b>Conservación de los recursos naturales</b>	Consumo de agua	- litros de agua industrial consumidos/ Kg G-0 producido
		Kwh consumido/Kg de G-0 producido

---

## Conclusiones

1. La aplicación de la metodología desarrollada por Conesa para la evaluación de impactos ambientales permitió evaluar los impactos ambientales asociados al proceso de obtención del bioactivo G-0 permitiendo el mejoramiento de la gestión ambiental.
2. La metodología utilizada para la evaluación de impactos demostró que las acciones más impactantes y los factores más impactados son la generación de residuos líquidos y la salud y seguridad de los trabajadores respectivamente.
3. Se presenta la propuesta de indicadores para asuntos ambientales relevantes en la obtención del bioactivo G-0, clave para la mitigación y el seguimiento del proceso.

## Bibliografía

1. CAÑIZARES DOMÍNGUEZ, Tania. *Aplicación del Análisis de Procesos al escalado del reactor de G-0*. Facultad de Química-Farmacia. Centro de Bioactivos Químicos, 1997.
2. CONESA, V. *Guía metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*. 3ra Edición. Madrid-Barcelona-México. 2000.
3. DÍAZ MOLINA, María Isabel. *Análisis de proceso en función de una propuesta de tecnología más limpia en la obtención del bioactivo G-0*. Tesis para optar por el grado de Máster en Análisis de Procesos. Facultad de Química-Farmacia. Centro de Bioactivos Químicos, 2001.
4. ESPINOZA Guillermo. *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Ambiental. Santiago-Chile, 2001.
5. Informe técnico facultad de Construcciones, UCLV, 2006.
6. Informe Técnico Jardín Botánico , 2006. UCLV.
7. RODRÍGUEZ NEGRÍN, Zenaida. *Intensificación del proceso de producción del 2-(2 (2-nitrovinil nitrovinil)-furano* .Tesis para optar por el grado de Doctor. Facultad de Química-Farmacia. Centro de Bioactivos Químicos. 2002.
8. ZAROR, Claudio Alfredo. *Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos*, Universidad de Concepción. Concepción. Chile, 2000.