

Comportamiento de las variables ambientales y evaluación del impacto ambiental en la producción de la Furvina

María Isabel Díaz-Molina*, Lidia Osmaida-Sánchez, Yulexy Rodríguez-Montesino, Zenaida Rodríguez-Negrín, Rosayda Báez-Montesino, Amalia Calvo-Alonso e Isleidy de la Caridad Ruíz-Pérez
Centro de Bioactivos Químicos. Universidad Central de Las Villas. Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara. CP 54830, Villa Clara, Cuba.

*midiaz@uclv.edu.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó el comportamiento de las variables ambientales: agua, energía, contaminantes gaseosos, ruido, residuales líquidos y residuales sólidos, durante la producción de la Furvina, en correspondencia con la normativa vigente y la metodología establecida por la autoridad ambiental. Se aplicó la metodología desarrollada por Conesa para la evaluación de impactos ambientales. Al analizar los flujos contaminantes, se determinó que las variables ruido y concentración promedio de las inmisiones de NO_2 no comprometen la salud y el desempeño laboral del personal. En el caso de los residuales líquidos, después del tratamiento, cumplen con los parámetros establecidos en la NC 27:2012, para ser vertidos al alcantarillado; además, los residuos sólidos generados se almacenan y se transportan según lo descrito en la Licencia Ambiental para el Manejo de Desechos Peligrosos en el país. La evaluación de impactos ambientales permitió conocer que las acciones más impactantes y los factores más impactados son la generación de residuos líquidos y la salud y seguridad de los trabajadores y la población aledaña, respectivamente.

Palabras clave: variables ambientales, evaluación del impacto, residuales líquidos, residuales sólidos, evaluación del desempeño ambiental.

ABSTRACT

In the present work, the behavior of the environmental variables water, energy, gaseous pollutants, noise, liquid waste and solid waste in the production of Furvina was analyzed in accordance with current regulations and the methodology established by the environmental authority. The methodology developed by Conesa for the evaluation of environmental impacts was applied. When analyzing the pollutant flows it was determined that the noise variables and the average concentration of NO_2 immissions do not compromise the health and work performance of the personnel. In the case of liquid waste, it was determined that after treatment they comply with the parameters established in NC 27: 2012, to be discharged to the sewer system and the solid waste generated is stored and transported as described in the environmental management license. Of hazardous waste in the country. The environmental impact assessment allowed to know that the most impactful actions and the most impacted factors are the generation of liquid waste and the health and safety of the workers and the surrounding population respectively.

Key words: environmental variables, impact evaluation, liquid waste, solid waste, environmental performance evaluation.

INTRODUCCIÓN

La industria farmacéutica se distingue por ser generadora de residuos. La prevención en la generación de estos residuos, su adecuada gestión y la aplicación de las buenas prácticas ambientales,

suponen importantes beneficios para las empresas, tanto de carácter económico, como de posicionamiento estratégico en el sector industrial (1, 2).

Los contaminantes generados en la fabricación de los ingredientes farmacéuticos activos (IFA) y productos terminados, tienen un impacto ambiental muy diferente de una industria a otra, pues dependen de los procesos utilizados y de la naturaleza de los productos fabricados en cada instalación industrial. Por otra parte, hay que identificar la cantidad de residuos y emisiones por cada actividad (3, 4, 5, 6).

El mayor impacto ambiental de la industria farmacéutica tiene lugar sobre el medio acuoso. El impacto sobre la atmósfera y los residuales sólidos no deben ser olvidados para lograr evitar la contaminación y viabilizar los procesos, con reducción en el consumo de las materias primas (7, 8, 9).

La industria farmacéutica tiene importantes retos en relación con la generación de residuos, derivados de sus actividades, consecuente con el cumplimiento de las obligaciones establecidas en las normas del medioambiente (10, 11).

El Centro de Bioactivos Químicos (CBQ) de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (UCLV), tiene el objeto social de investigar, producir y comercializar, de forma mayorista, productos con acción biológica, obtenidos por síntesis química, para ser utilizados en la salud humana, veterinaria y en la esfera agrícola.

En el CBQ, para la producción de la Furvina, se requiere analizar el comportamiento de las variables ambientales: agua, energía, contaminantes gaseosos, ruido, residuales líquidos y residuales sólidos, en correspondencia con la normativa vigente y la metodología establecida por la autoridad ambiental y aplicar la metodología desarrollada por Conesa, para la evaluación del impacto ambiental (12).

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis del comportamiento de las variables ambientales en la producción de la Furvina toma como referencia la metodología propuesta por el CITMA (Metodología para la ejecución de los diagnósticos ambientales para la obtención del Reconocimiento Ambiental Nacional (13). Para conocer el comportamiento de las variables ambientales se contó con el sistema de información que existe en el centro.

En la caracterización de la variable ambiental agua se tuvo en cuenta la fuente de suministro, la descripción de la red de suministro interno de la entidad (cantidad de depósitos, bombas y material de las tuberías). Se verificó el estado de la red hidráulica: estado de las tuberías y accesorios y la existencia de salideros.

Se monitorea la calidad del agua potable que entra al centro y el agua purificada que se obtiene usando como fuente de alimentación el agua potable, según establecen las normas NC 827:2017 Agua potable. Requisitos Sanitarios. Obligatoria (14) y la Farmacopea Europea (Ph. Eur. 7^{ma} Edición) (15). Para el sistema agua existe el programa preventivo que asegura su estado de control y establece el programa de seguimiento de los atributos de calidad críticos y de las condiciones operativas que incluyen la calibración de instrumentos críticos en correspondencia con el Anexo 06 de la Regulación No. 16-2012 Buenas Prácticas Ingenieras para la Producción de Aguas de Uso Farmacéutico (16).

Los resultados de la evaluación del agua se reflejan en los registros de resultados emitidos por la Unidad de Aseguramiento de la Calidad para el agua potable y por el laboratorio de Control de Procesos para el agua purificada.

Respecto a la variable energía se refleja la empresa suministradora de la energía y se cuantifica el consumo de la energía eléctrica en el emplazamiento físico implicado con la producción de la Furvina.

En los locales de trabajo, se determinaron, por la Empresa GEOCUBA Villa Clara – Santi Spíritus, los contaminantes gaseosos en el ambiente laboral. Se utilizó el método de estudio establecido por la NC 872: 2011 Seguridad y Salud del Trabajo. Sustancias Nocivas en el Aire de la Zona de Trabajo (17). Evaluación de la Exposición Laboral. Requisitos Generales, en el apartado 6. Requisitos generales de los métodos e instrumentos para la medición de las concentraciones de las sustancias nocivas. Las muestras fueron tomadas in situ en la zona respiratoria de los trabajadores expuestos.

Para la medición de los gases se utilizó un equipo Aeroqual, de la serie 500, de Nueva Zelanda, de tecnología GSS (Semiconductor GAS Sensible), GSE (Gas Sensible Electroquímico) y Nefelómetros. En correspondencia con las sustancias emitidas, sobre las cuales existe certeza de su presencia en el ambiente laboral, se le acoplaron los sensores de: Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) y Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC). Se midió el NO_2 y los VOC en el taller de producción del Producto Intermedio G-0 y las cantidades de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en el taller de Furvina (G-1). En el laboratorio de Control de la Calidad se midió la cantidad de dióxido de nitrógeno (NO_2), durante la técnica de determinación de metales pesados a la Furvina.

La caracterización de la variable ambiental ruido se realizó por la Empresa GEOCUBA, de Villa Clara – Santi Spíritus. Para la ejecución de las mediciones se utilizó un Sonómetro integrador marca SOLO 01 dB Stell, con filtro de valoración A, de nacionalidad francesa, calibrado por intercomparación, considerando la determinación automática (por microprocesador).

El monitoreo se efectuó en horario diurno, durante el desempeño de cada una de las etapas del proceso y en los puntos donde se ubican las principales fuentes generadoras de ruido, (18, 19, 20). Los resultados de las mediciones se comparan con la NC 871: 2011 Seguridad y Salud en el Trabajo- Ruido en el Ambiente Laboral- Requisitos Higiénico Sanitarios Generales.

Para el análisis de la generación de residuales líquidos se precisa la caracterización de los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los valores del residual tratado se comparan con la NC 27: 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. Obligatoria (21). Se describen las prácticas de manejo de los lodos generados por el tratamiento y se precisa la autorización de la autoridad ambiental y sanitaria.

Se reflejan los tipos y las cantidades totales de residuos sólidos generados por lotes de Furvina producidos mediante el pesaje de los residuos. Se describen las prácticas de colección, almacenamiento, transportación y disposición final en la entidad receptora.

Se identificaron las actividades principales en la producción de la Furvina, para proceder a la identificación y evaluación de los impactos ambientales. Se revisó cada actividad y se determinaron las que causan un efecto positivo o negativo en el medioambiente.

Con la relación causa-efecto entre aspectos e impactos ambientales y con el modelo matemático para fines predictivos se realiza la valoración cualitativa, para el estudio se utilizó la matriz de importancia de Conesa, (13). La importancia (I) de cada impacto se determina de manera cualitativa a través de la ecuación.

$$I = \pm[3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC]$$

En la ecuación, el signo corresponde al carácter del impacto: (+) si es beneficioso y (-) si es perjudicial de las acciones que actúan sobre los factores ambientales, I representa la intensidad, EX la extensión, MO el momento, PE la persistencia, RV la reversibilidad, SI la sinergia, AC la acumulación, EF el efecto, PR la periodicidad y MC la recuperabilidad.

Los valores de importancia que se obtienen varían entre 13 y 100. De acuerdo con la calificación el impacto se cataloga como Irrelevante ($0 \leq I < 25$), Moderado ($25 \leq I < 50$), Severo ($50 \leq I < 75$) o Crítico ($75 \leq I$).

Para cada factor ambiental se establece una medida de importancia relativa al entorno, expresada en Unidades de Importancia (UIP); la asignación de los valores de UIP se realizó a partir de valores estandarizados de la metodología de Conesa (13). La ponderación de los factores ambientales se basó en la consulta a expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se exponen los resultados de la caracterización de las variables ambientales en la producción de la Furvina, en el Centro de Bioactivos Químicos.

Caracterización de la variable ambiental agua

La entidad cuenta con un suministro de agua potable, abastecida por la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas y, esta, a su vez, se abastece de la Presa Minerva, por una tubería de diámetro 150 mm, que luego es reducida a diferentes diámetros como son $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{4}$, 2 y 4 pulgadas, respectivamente, por lo que se puede decir que la red se encuentra en serie. El sistema que bombea agua potable para el consumo y para el uso en la producción cuenta con dos bombas del tipo Electrobomba Ribalta: modelo 1.5 DK-20. Las bombas cuentan con una carga diseño de 20 m, capacidad de succión de 4 m y una capacidad máxima de 180 L/min, según declara el fabricante. Las bombas están conectadas en paralelo y succionan el agua de la cisterna hasta el hidropresor.

En el área de producción hay dos cisternas, una abastece el sistema de retorno y el sistema de incendio y la otra abastece a la planta de producción para la obtención de agua purificada. Las redes de suministro interno no presentan salideros y los materiales de las tuberías son hierro fundido y hierro galvanizado.

Al agua potable que se destina al consumo de los trabajadores y que se usa como fuente de alimentación para obtener agua purificada se le realiza monitoreo cuatro veces al año, como mínimo, (fuente superficial) en el punto de entrada a la cisterna de agua potable y los resultados de las determinaciones se comparan con los límites máximos admisibles NC 827: 2017 (14). Como se observa en la tabla 1, hay un cumplimiento de las determinaciones Sólidos Totales Disueltos, Dureza Total (como Carbonato de Calcio), Cloruro, Cobre, Hierro, Sodio y Zinc.

Tabla 1. Características físicas y componentes químicos que pueden afectar la calidad organoléptica del agua potable, así como los límites máximos admisibles (LMA) y su cumplimiento según la NC 827: 2017

Características	UM	LMA	Valor experimental	Cumplimiento
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	157	Cumple
Dureza Total (como Carbonato de Calcio)	mg/L	400	57.81	Cumple
Cloruro	mg/L	250	0.01	Cumple
Cobre	mg/L	2.0	0.019	Cumple
Hierro	mg/L	0.3	0.07	Cumple
Sodio	mg/L	200	15.17	Cumple
Zinc	mg/L	5	0.183	Cumple

Como se observa en la tabla 2 hay cumplimiento de las determinaciones de los componentes inorgánicos: Calcio, Plomo, Cromo total, Manganeso y Magnesio y, respecto al Níquel, Cadmio y

Amoníaco, los valores están por encima de los límites máximos admisibles, pero en un valor muy pequeño. El pretratamiento con el filtro de zeolita elimina estos componentes inorgánicos, como se observa en la declaración de conformidad del lote AP222017, tablas 3 y 4.

Tabla 2. Componentes inorgánicos que influyen sobre la salud, así como los límites máximos admisibles (LMA) y su cumplimiento según la NC 827: 2012

Componente	LMA (mg/L)	Valor experimental (mg/L)	Cumplimiento
Calcio	200	11.88	Cumple
Plomo	0.05	< 0.001	Cumple
Cromo total	0.05	< 0.001	Cumple
Níquel	0.02	0.03	No cumple
Cadmio	0.005	0.008	No cumple
Manganeso	0.1	0.005	Cumple
Magnesio	150	25.46	Cumple
Amoníaco	No presencia	< 0.25	No cumple

Procedencia	Planta producción CBQ	Código interno	AP222017
Tipo de muestra	Agua potable	Etiqueta de la muestra	Salida filtro
Fecha de muestreo	2017/10/30	Fecha de recepción	2017/10/30
Fecha de inicio experimental	2017/10/30	Fecha de culminación del ensayo	2017/11/16

Tabla 3. Características físicas y componentes químicos que pueden afectar la calidad organoléptica del agua potable así como los límites máximos admisibles (LMA) y su cumplimiento, según la NC 827: 2017

Características	UM	LMA	Valor experimental	Cumplimiento
olor	-	inodora	Inodora	Cumple
pH	U	6.5-8.5	8.04	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	128.4	Cumple
Dureza Total (como carbonato de calcio)	mg/L	400	50,36	Cumple
Cloruro	mg/L	250	48,13	Cumple

Tabla 4. Componentes inorgánicos que influyen sobre la salud, así como los límites máximos admisibles (LMA) y su cumplimiento, según la NC 827: 2017

Componentes	LMA (mg/L)	Valor experimental (mg/L)	Cumplimiento
Níquel	0.02	0.004	Cumple
Hierro	0.3	0.04	Cumple
Calcio	200	19.78	Cumple
Cromo total	0.05	0	Cumple
Magnesio	150	37.97	Cumple
Cobre	2.0	0.02	Cumple
Zinc	5	0.09	Cumple
Plomo	0.05	0.005	Cumple
Manganeso	0.1	0.01	Cumple
Sodio	200	41.63	Cumple
Cadmio	0.005	0.001	Cumple

El agua purificada cumplió con las especificaciones que establece la Farmacopea Europea (15): pH a 25 °C, entre 5.0 – 7.0, conductividad eléctrica a 25 °C máximo 5.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$; materia oxidable – contenido de oxígeno máximo 0.4 mg/L y microbiológico menos o igual a 100 UFC/mL. El agua purificada cumple con los atributos clave de calidad como se establece en el programa de seguimiento de los atributos de calidad críticos; por tanto, puede ser utilizada para el lavado de la cristalería, preparación de soluciones y medios de cultivo, en la producción de la Furvina.

Caracterización de la variable ambiental energía

La empresa suministradora de la energía en el Centro de Bioactivos Químicos es la Empresa Eléctrica de Villa Clara. Los consumos de portadores energéticos se controlan a través del registro, como práctica sistemática. Se lleva la bitácora de energía que facilita los controles diarios de consumo. En cada una de las áreas existen los Procedimientos Normalizados de Operación para el Funcionamiento y Cuidado de cada uno de los equipos en las diferentes operaciones.

En el área de producción de la Furvina existe un metro contador para todo el emplazamiento físico. El consumo eléctrico en el año 2019 fue de 42 781 kW-h / año, ligeramente inferior al consumo de los años 2017 y 2018 que fue de 46 315 kW-h / año y 50 965 kW-h / año, respectivamente, debido a una menor producción de Furvina. El consumo de energía eléctrica por equipos, para la producción de la Furvina, se comporta favorablemente con relación a lo planificado.

Caracterización de la variable ambiental calidad del aire

La calidad del aire interior se refleja en el resultado del monitoreo en el ambiente de trabajo. En el Informe Técnico Monitoreo de variables ambientales (ruido y gases), del grupo empresarial GEOCUBA del año 2019 (Informe Técnico: 2019). Las inmisiones de NO_2 en el taller de producción del Producto Intermedio (PI) G-0, durante el proceso de síntesis de G-O, no revelaron contaminación en el área de trabajo, según los límites admisibles de exposición laboral establecidos en la NC 872: 2011 (17).

Las mediciones de las inmisiones de H_2S durante la síntesis del IFA Furvina en el año 2019 reflejan una concentración inferior a la CPA establecida en la NC 872: 2011 (17). Se aprecia un comportamiento similar en las concentraciones de este compuesto en el área de trabajo, en el año 2018.

Se determinó la concentración promedio de las inmisiones de NO_2 durante la ejecución de la técnica analítica Determinación del contenido de metales pesados en el 2-bromo-5-(2-bromo-2-nitrovinil)-furano (IFA Furvina), que se realiza en el laboratorio de Control de la Calidad. Al comparar los valores con la Concentración Promedio Admisible (CPA) y la Concentración Máxima Admisible (CMA), en el aire de la zona de trabajo, según NC 872: 2011(17), se observó que no existe contaminación por dióxido de nitrógeno en la zona de trabajo, comportamiento similar al del año 2018.

En el taller de producción del Producto Intermedio (PI) G-0 desde el año 2015 se realiza el proceso de lavado de los gases nitrosos, mediante una columna absorbidora rellena, lo cual favorece la calidad del aire en el ambiente de trabajo.

Caracterización de la variable ambiental ruido

Para las mediciones de ruido realizadas en el Taller del Producto Intermedio G-0 (I) se tuvieron en cuenta las fuentes generadoras, así como la operación continua del sistema de extracción. No se realizaron mediciones en el Taller del Producto Intermedio G-0 (II) porque no existen fuentes generadoras de ruido en esta área.

En el taller del Producto Intermedio G-0 (I) se observaron valores que sobrepasaron el Límite Máximo Admisible (LMA) de 60 dBA en todas las áreas muestreadas, estos valores obtenidos no comprometen la salud y el desempeño laboral del personal, ya que los niveles sonoros están condi-

cionados al uso de los equipos instalados, que no se mantienen encendidos de manera continua en la jornada laboral de 8 h, sino que su funcionamiento varía entre 15 y 20 minutos.

En el Taller G-1 (I) existe gran incidencia del sistema de extracción, esto unido a la utilización de la tecnología instalada hizo que se obtuvieran valores superiores a los normados para este tipo de actividad.

En el taller G-1 (II) se obtuvieron los mayores valores acústicos durante el proceso de tamizado, con incidencia del vibrador del tamiz y el aire acondicionado. A pesar de ello, es significativo precisar que esta actividad es de corta duración (5 min) por lo que la exposición no compromete la situación acústica de la zona de trabajo y se considera aceptable.

La evaluación de las mediciones se realizó mediante la comparación del Nivel Sonoro Equivalente Continuo (Leq.), a partir de los valores medidos con el máximo admisible, según establece la NC 871: 2011 (22).

Teniendo en cuenta los términos y definiciones que aparecen en la norma cubana, se establece que para el Nivel Sonoro Equivalente Continuo, el máximo admisible es de 85 dB (A); por lo que al sobrepasarse este valor existe riesgo de daño auditivo para los trabajadores expuestos durante ocho horas de trabajo. La norma también establece los criterios de evaluación, según el tipo de actividad desarrollada y específica para cada caso el nivel sonoro equivalente continuo (Leq., en dB (A)), que garantiza condiciones seguras de trabajo para cada tarea o actividad.

Teniendo en cuenta las características del proceso, el Límite Máximo Admisible (LMA) se correspondió con los parámetros establecidos de 60 dB (A) para 8 h, por lo que no existe riesgo de daño auditivo.

Caracterización de la variable ambiental residuales líquidos

Los residuales líquidos pasan a la Planta de Tratamiento de Residuales y, una vez que cumplen con los parámetros establecidos en la NC 27:2012 (21), se vierten al alcantarillado. El Laboratorio de Control de Procesos realiza el análisis al agua residual tratada. El agua residual cumple con las especificaciones que establece la norma pH, entre 6.0 – 9.0; conductividad eléctrica a 25 °C < 4000 µS/cm; Demanda Química de Oxígeno (DQO) < 700 mg/L y temperatura < 50 °C.

Caracterización de la variable ambiental residuales líquidos sólidos

En la Planta de Producción, los residuos sólidos, están constituidos, principalmente, por la torta que se recoge en la etapa de purificación del Producto Intermedio G-0 y por la obtención de la Furvina. La torta contiene carbón, impurezas, papel de filtro y un pequeño porcentaje de alcohol, G-0 y G-1.

El almacenamiento y disposición final de los residuos sólidos de la Planta de Producción aparecen en el Plan de Manejo del CBQ y están aprobados en la Licencia Ambiental para el Manejo de Desechos Peligrosos en el país, No. 28/2018 y se otorga la Licencia Ambiental para el Manejo integral de desechos peligrosos.

Aspectos e impactos ambientales

Después de identificar las acciones y los factores del medio que son impactados por el proceso, la matriz de importancia nos permite obtener una valoración cualitativa.

Los resultados de la matriz de importancia permiten ordenar, jerárquicamente, las acciones más impactantes y los factores ambientales más impactados, según las importancias absolutas y relativas. Las acciones impactadas en orden decreciente, son: generación y emisiones de residuos líquidos, accidentes químicos, generación y emisiones de residuos gaseosos, generación y emisiones de residuos sólidos, almacenamiento de productos químicos, consumo de agua, consumo de aceite térmico, emisiones de ruidos, consumo de materia prima, 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 y flora.

La metodología utilizada para la evaluación del impacto 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 y población aledaña.

CONCLUSIONES

Al analizar los flujos contaminantes en la producción de la Furvina en el Centro de Bioactivos Químicos, se determinó, que las variables ruido y concentración promedio de las inmisiones de NO₂, no comprometen la salud y el desempeño laboral del personal.

En el caso de los residuales líquidos se determinó que después del tratamiento cumplen con los parámetros establecidos en la NC 27:2012, para ser vertidos al alcantarillado ; además, los residuos sólidos generados se almacenan y se transportan según lo descrito en la Licencia Ambiental para el Manejo de Desechos Peligrosos en el país.

La aplicación de la metodología desarrollada por Conesa para la evaluación de impactos ambientales permitió conocer que las acciones más impactantes y los factores más impactados son la generación de residuos líquidos y la salud y seguridad de los trabajadores y población aledaña, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Díaz Molina, M. I., Rodríguez Negrín, Z. & Rodríguez Rico, I. (2011). Producciones Más Limpias y Gestión Ambiental en la producción de bioactivos y Vitrofurul en el Centro de Bioactivos Químicos. *Tecnología Química*, 31(3), 36.
2. Díaz Molina, M. I., Rodríguez Rico, I., Rodríguez Negrín, Z., & Cuellar de la Cruz, M. E. (2013). Gestión Ambiental y Producciones Más Limpias en la producción de bioactivos y Vitrofurul. *icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 47(1), 3-8.
3. Aceves Diez, A. E., & Castañeda Sandoval, L. M. (2012). Producción biotecnológica de lipasas microbianas, una alternativa sostenible para la utilización de residuos agroindustriales. *Revista Vitae*, 19(3).
4. Callejón, A. J., Carreño, A., Sánchez-Hermosilla, J., & Pérez, J. (2010). Evaluación de impacto ambiental de centro de transformación y gestión de residuos sólidos agrícolas en la provincia de Almería. *Informes de la Construcción*. España, 62(518), 79-93.
5. Angelats, R. (2012). Mastitis y residuos antibióticos. *Productor Agropecuario*. Costa Rica, Jun-Jul(22), 46-47.
6. Collazos, H., De Castro, C., Riveros, M., & Ospina, A. (2011). Los residuos sólidos Industriales peligrosos en Bogotá. *Ingeniería e Investigación*(20), 6-12.
7. Pérez Salazar, R., Alfaro Chinchilla, C., Sasa Marín, J., & Agüero Pérez, J. (2013). Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *UNICIENCIA*, 27(1), 332-340.
8. Arias Lizárraga, D. M., & Méndez Gómez, E. (2014). Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(3), 115-123.
9. Martínez Romero, M. K., Murcia Igua, D. A., & Suárez Boyacá, Y. H. (2015). Evaluación de un Sistema de Biorremediación de aguas residuales porcícolas en la finca El Porvenir, Vereda Suncunchoque, sector La Laja, Ubate – Cundinamarca, y su reutilización con fines agroambientales. (Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de

- Ingeniero(a) en Agroecología), Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá D.C., Colombia.
10. Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, AC, 14-46.
 11. Menéndez Navarro, A. (2003). El papel del conocimiento experto en la gestión y percepción de los riesgos laborales.
 12. Conesa Fernandez-Vitoria, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. Madrid. España: Mundi-Prensa.
 13. CITMA, 2012. Metodología para la ejecución de los Diagnósticos Ambientales, para la obtención del Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN).
 14. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Agua potable. Requisitos Sanitarios. Obligatoria. NC 827: 2017. La Habana. Cuba.
 15. Farmacopea Europea (Ph. Eur. 7ma Edición). 2011.
 16. CECMED. Anexo 06 de la Regulación No. 16 Buenas Prácticas Ingenieras para la Producción de Aguas de Uso Farmacéutico. La Habana, Cuba, 2012.
 17. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Seguridad y Salud del Trabajo. Sustancias Nocivas en el Aire de la Zona de Trabajo . Evaluación de la Exposición Laboral. Requisitos Generales, en el apartado 6. Requisitos generales de los métodos e instrumentos para la medición de las concentraciones de las sustancias nocivas. NC 872: 2011. La Habana, Cuba.
 18. Informe Técnico: 2015 Monitoreo de variables ambientales (ruido y gases).GEOCUBA.
 19. Informe Técnico: 2018 Monitoreo de variables ambientales (ruido y gases) GEOCUBA.
 20. Informe Técnico: 2019 Monitoreo de variables ambientales (ruido y gases) GEOCUBA.
 21. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. (obligatoria). NC 27:2012. La Habana. Cuba.
 22. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Seguridad y Salud en el Trabajo- Ruido en el Ambiente Laboral-Requisitos Higiénicos sanitarios Generales. NC: 871:2011. La Habana. Cuba.