MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

ISSN: 2610-8216
Depósito Legal: MI2019000004

VOLUMEN 5, NÚMERO 15, MAYO-AGOSTO, 2019

Gobierno Bolivariano de Venezuela | Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología

Revista
CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Volumen 5, Número 15, agosto, 2019.

ISSN–e: 2610–8216
Depósito legal: MI2019000004

Revista arbitrada en proceso de indexación.

Ciencia en Revolución

Órgano de divulgación científica tecnológica y social.
Su propósito es la difusión, promoción y
apoyo a las investigaciones,
así como de las actividades académicas.

Editora Jefe

Dra. Magaly Henríquez González
Presidencia
Centro Nacional de Tecnología Química, Venezuela
e–mail: mhernandez.cntq@gmail.com

Editor Ejecutivo

Sección Ciencia y Tecnología
Dr. Samuel Villanueva Velásquez
Gerencia de Proyectos de Investigación,
Desarrollo e Innovación
Centro Nacional de Tecnología Química
e–mail: svillanueva.cntq@gmail.com

Editora Ejecutiva

Sección Ciencia y Comunidad
Lcda. Dayana Arreaza
Gerencia de Articulación y
Alianza Interinstitucional
Centro Nacional de Tecnología Química
e–mail: darreaza.cntq@gmail.com

Jefe de Redacción

Lic. Alejandro Campero
e–mail: acampero.cntq@gmail.com

Redacción en Ciencia y Comunidad

Lic. Luileiny González
e–mail: lgonzalez.cntq@gmail.com

Gerencia de Articulación y Alianza Interinstitucional
Centro Nacional de Tecnología Química

Junta Editorial

Dr Marcos Rosa–Brussin,
Universidad Central de Venezuela,
Venezuela.

Dr. Ángel Almarza,
Universidad de Carabobo,
Venezuela.

Prof. Germán Siegert Carrasquel,
Universidad Central de Venezuela,
Venezuela.

MSc. Cesar Alejandro Basanta,
Instituto de Tecnología Venezolana
para el Petroleo,
Venezuela.

Dr. José Gregorio Biomorgi,
Universidad Central de Venezuela,
Venezuela.

Edición Técnica

Dra. Lisbeth Manganiello
e–mail: lisbethmanganiello@gmail.com

Dr. Cristóbal Vega
e–mail: vega.cristobal@gmail.com

Revisores de productos de investigación desarrollo e innovación
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación,
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Web master: J. Ramos Coordinación de Sistemas y Soporte Técnico e–mail: jramos.cntq@gmail

Diseño de portada Lic. Alejandro Campero Diagramación y diseño Plantilla LaTeX Dr. Cristobal Vega

ISSN–*e*: 2610 – 8216

Revista
CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Ciencia en Revolución

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

CNTQ

Caracas – Venezuela

Ciencia en Revolución, Vol. 5, Nº 15, agosto, 2019.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Energía y ambiente

Ing. Jiraleiska Hernández
Coordinadora
e–mail: jhernandezc.cntq@gmail.com

Manufactura y valorización de la materia prima nacional

Lcda. Natasha Tellería Mata
Coordinadora
e–mail: ntelleria.cntq@gmail.com

Sistemas de gestión de la calidad

Dr. Samuel Villanueva
Coordinador, Gerente de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación
e–mail: svillanueva.cntq@gmail.com

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Ciencia en Revolución, Vol. 5, Nº 15, agosto, 2019.

Contenido General, (*General content*)

Pág	
V	Editorial *Magaly Henríquez*
	Sección Ciencia y Comunidad
VII	**Científicos Venezolanos del Siglo XXI** *Prensa CNTQ/MH/LG*
XII	**Cayapa Heróica contabiliza 14 hospitales visitados** *Prensa Cendit/CM*
XIV	**Desarrollo Espacial Venezolano hecho en Revolución** *Prensa CNTQ/MH/LG*
XVII	**Industria Canaima de la Mano con las Comunidades** *Prensa Canaima*
	Sección Ciencia y Tecnología
35	*Dissemination Article: Banks of Germplasm of Theobroma Cacao, importance and definition* **Artículo de divulgación: Bancos de germoplasma de Theobroma Cacao, definición e importancia** *Yeimy Nieves, Cristóbal Vega, Samuel Villanueva y Magaly Henríquez*
43	*Dissemination Article: Rare earth, a hidden value in waste electrical and electronic equipment (WEEE)* **Artículo de divulgación: Tierras raras, un valor oculto en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)** *Maybel López, Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva y Magaly Henríquez*
47	*Dissemination Article: Tire Manufacturing – The complex process that drives the current lifestyle* **Artículo de divulgación: Manufactura de Neumáticos – El complejo proceso que motoriza el actual estilo de vida** *Natasha Tellería Mata, Samuel Villanueva, Magaly Henríquez*
53	*Dissemination Article: Technologies for the recycling of fluorescent lamps and bulbs* **Artículo de divulgación: Tecnologias para el reciclaje de las lamparas y bombillos fluorescentes** *Maybel López, Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva y Magaly Henríquez*
56	*Non–trivial solution of a differential equations system for the tuberculosis transmission dynamics* **Solución no–trivial de un sistema de ecuaciones diferenciales que explica la dinámica de transmisión de la Tuberculosis** *Raúl Isea y Karl-E. Lonngren*

61	*Production of ethanol from fruit waste by alcoholic fermentation* **Producción de etanol a partir de desechos frutales mediante fermentación alcohólica** *Norbelis Freitez, María Elena Vasquez, Carmen González y Daunarima Renaud*
72	*Tech Note: Techniques of recycling rubber styrene butadiene (SBR)* **Nota técnica: Tecnologías de reciclaje de caucho estireno butadieno (SBR)** *Ibelise Peña, Natasha Tellería–Mata y Magaly Henríquez*
81	*Tech Note: Transforming waste into energy, Part I* **Nota técnica: Transformando residuos en energía, Parte I** *Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva y Magaly Henríquez*

Apéndices

Apéndice 1	**Authors instructions**
Apéndice 3	**Instrucciones a los autores**
Apéndice 5	**Carta de compromiso**

Ciencia en Revolución, Vol. 5, Nº 15, agosto, 2019.

Editorial

La Revista digital "Ciencia en Revolución" en su ejemplar número quince (15), volumen cinco (5), correspondiente a la edición de mayo – agosto de 2019 se presenta como uno de los principales medios de difusión digital del Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), permitiéndonos de esta manera, alcanzar la proyección nacional e internacional de la institución. Para todos los que hacemos vida en el CNTQ, la revista es una herramienta fundamental en nuestra misión de articular las capacidades de Investigación, Desarrollo e innovación de las Universidades y Centros de Investigación con el Sector Productivo Nacional, mediante la exposición de los diferentes productos de investigación, tanto de otras instituciones como de nuestra propia producción científico – social. La visualización del potencial de I+D+i del País, es una importante estrategia para los logros de los objetivos establecidos en el Plan de la Patria 2019–2025 en materia de Ciencia y Tecnología, favoreciendo de esta manera el desarrollo Económico y Social de la Nación, paso fundamental para alcanzar la Soberanía Tecnológica[1].

Abrimos la publicación de esta edición con cuatro interesantes reportajes recogidos por la Sección de Ciencia y Comunidad, donde se resaltan los logros, aportes y visión en el ámbito científico, tecnológico y social de los Científicos Venezolanos del siglo XXI entrevistados. Seguido de un hermoso proyecto hecho realidad por los investigadores del Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones (Cendit), como es la "Cayapa Heróica" y su labor dentro de los hospitales, mediante la recuperación de incubadoras para el cuidado de los neonatos. A continuación, Mariano Imbert, Director Ejecutivo de la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), nos habla sobre el desarrollo espacial venezolano y los diferentes satélites que han sido puesto en órbita en colaboración con el gobierno chino. Así como también el apoyo que ABAE ha brindado a diferentes instituciones estatales como PDVSA, FUNVISIS, FANB, MPP- Ecosocialismo entre otras. Finalizamos esta sección resaltando la labor que presta la Industria Canaima, mediante su programa de "recuperación de equipos informáticos dirigido a las comunidades", mostrando con hechos su compromiso con los sectores mas vulnerables y reafirmando su papel protagónico en el fortalecimiento tecnológico de la nación.

A continuación damos espacio a la Sección de Ciencia y Tecnología con cuatro artículos de divulgación, uno de alto interés para el sector productivo del Cacao como son los Bancos de

[1] Misión y Visión del Centro Nacional de Tecnología Química, creado el 12 de septiembre de 2005, por decreto presidencial No 3899, según Gaceta Oficial No 38271, del 13 de septiembre de 2005

Germoplasma, Nieves y colaboradores en su disertación, definen y destacan la importancia de estos lugares. López et al. en la búsqueda de aprovechar los residuos, aportan dos interesantes trabajos, uno referido al aprovechamiento de los residuos ocultos en aparatos eléctricos y electrónicos como primera entrega y en una segunda entrega describen diferentes tecnologías empleadas para el reciclaje de lámparas y bombillos fluorescentes. Tellería y coautores nos hablan de la complejidad del proceso de manufactura de los neumáticos y su papel esencial en el desenvolvimiento del día a día de los individuos, comercios y empresas.

Ampliamos el contenido de esta Sección con Isea y Lonngrem del Instituto de Estudios Avanzados (IDEA) y la Universidad de Iowa, ellos nos ofrecen su contribución en materia de salud con el desarrollo de un sistema basado en ecuaciones diferenciales donde se explica la dinámica de la trasmisión de la Tuberculosis, los autores consideran que la solución del estos sistemas matemáticos pueden ayudar a diseñar estrategias de vacunación en el futuro mucho más eficientes. Freitez, Vásquez y Renaud de la Universidad Nacional Experimental Politécnica (UNEXPO) y del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Estado Lara, nos describen el procedimiento para aprovechar residuos de desechos frutales para la obtención de etanol con una relación de producción de 11,52 mg de etanol/g de cascara a escala de laboratorio.

La edición cierra con dos Notas Técnicas orientadas al desarrollo de Tecnologías que aprovechan los desechos como materia prima en la obtención de otros productos. En primer lugar, Peña y co–trabajadores, reportan luego de un análisis minucioso de la información recopilada, basada en patentes, que diferentes componentes separados del caucho estireno butadieno (SBR) pueden ser empleados en la elaboración de fuel oíl, gas, acero, betunes, carbón o incluso el neumático granulado como activador de vulcanización para nuevos neumáticos. En segundo lugar Hernández, Villanueva y Henríquez mediante un estudio comprendido desde el año 2009 hasta el primer semestre 2019, basado en una revisión patentométrica y bibliométrica, identificaron las diferentes fuentes residuales para la generación de biogás como aprovechamiento energético.

Finalmente, me despido complacida por esta nueva entrega de la Revista "Ciencia en Revolución" y además dando gracias a las instituciones externas por la confianza depositada en nosotros para la revisión, edición y publicación de sus productos de investigación. En nombre de los dos editores ejecutivos, Dayana Arreaza, Samuel Villanueva y todo el equipo editorial que hace posible la publicación digital de nuestra Revista, invitamos a publicar a todos los investigadores nacionales e internacionales interesados en entregarnos sus productos científicos en el campo tecnológico y social.

Dra. Magaly Henríquez González
Editora – Jefe

Científicos Venezolanos del Siglo XXI



Científicos del Centro Nacional de Tecnología Química. **Fuente:** Prensa CNTQ

Prensa CNTQ/MH/LG

El Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), desde sus inicios ha apostado por el desarrollo del país a través de sus aportes en materia de ciencia y tecnología. En Venezuela, nuestras altas casas de estudio egresan cientos de profesionales de las diferentes ramas de la ingeniería y ciencias puras, que a través de sus "trabajos especiales de grado", aportan investigaciones de alto nivel que van en beneficio de la nación. El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MPPCT) en alianza con nuestra institución conformada por ingenieros de diferentes especialidades, licenciados en química, en biología y demás carreras a fines, estudia la viabilidad de poner en práctica estos avances científicos emprendidos por estos jóvenes recién graduados, así como también toda propuesta que el país requiera. La Multidisciplinariedad de nuestros investigadores ha enriquecido el trabajo del CNTQ, colocándolo a la vanguardia de otros centro de investigación e innovación tecnológica.

A continuación presentamos parte de nuestra planta de investigadores, donde cada uno de ellos expone, el trabajo que realiza dentro de la institución, sus perspectivas en el ámbito de la innovación y sus principales contribuciones en materia de ciencia y tecnología.



Investigador Científico Luis Vázquez **Fuente**: Prensa CNTQ

Luis Vásquez es Ingeniero Químico egresado de la Universidad Central de Venezuela (UCV), se desempeña en la Coordinación de Energía y Ambiente. Ha realizado investigaciones sobre: "Análisis Bibliométrico y Patentométrico de la Síntesis y Caracterización de Materiales Geopoliméricos", "Análisis Bibliométrico y Patentométrico de la Síntesis de Grafeno a partir de Fuentes Naturales, Industriales y Agroindustriales" y "Perspectivas de Producción, Reciclaje y Re-uso de acumuladores para Vehículos en Venezuela". Él considera que la innovación es fundamental para el avance científico del país y la consolidación de independencia tecnológica. "Conforme avanza la ciencia y la tecnología, la brecha que nos separa de los países desarrollados puede irse incrementando, por lo tanto es fundamental una apuesta en el desarrollo de nuestras propias capacidades científicas y tecnológicas para no quedar relegados a la periferia del conocimiento como consumidores de tecnologías foráneas" expresa el Ingeniero Vásquez .Desea seguir trabajando en el área de nanotecnología, en la síntesis y aplicaciones del grafeno, en el desarrollo de puntos cuánticos, en el área de cristales fotónicos y en el diseño, fabricación y caracterización de meta-materiales.



Investigadora Científico Natasha Tellería **Fuente**: Prensa CNTQ

Natasha Tellería es Licenciada en Química Mención Tecnología de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Es Coordinadora del área de Manufactura y Valorización de la Materia Prima en el CNTQ. Participó en líneas de investigación de "Hidrotratamiento Catalítico,

específicamente en la Síntesis de Catalizadores para Hidrodesulfuración de Corrientes Ligeras de Crudo" en la UCV. Además a formado parte de las investigaciones de "Desarrollo de tamices moleculares para la Deshidratación de Gas Natural con Material Prima Nacional" y "Desarrollo de Desemulsionantes para el Tratamiento de las Emulsiones de Agua en Crudo en la Industria Petrolera Venezolana". Destacan sus aportes en la Química del Pino: "Obtención de Trementina y Colofonia a partir de la Resina de Pino", "Modificaciones Químicas de la Colofonia", "Aplicaciones Industriales de la Colofonia". La Licenciada Tellería expresa su deseo de participar en la formulación y desarrollo de proyectos de investigación orientados a la atención de necesidades de la industria nacional para el impulso del desarrollo del país y continuar apoyando el desarrollo del sector petrolero mediante la síntesis y escalamiento de catalizadores para los procesos de refinación y petroquímica.

Trinidad Volcán es Ingeniero Químico de la Universidad Simón Bolívar (USB), labora en la Coordinación de Manufactura y Valorización de la Materia Prima en el CNTQ. Ha participado en múltiples proyectos de diseño y adecuación de refinerías de petroleo y plantas químicas asociadas a las refinerías de crudo. Participó en el proyecto "Plan de Extracción y Destilación de Resinas de Pino Caribe de las Plantaciones de Maderas del Orinoco", "Conformación de Unidad de Investigación, Desarrollo e Innovación para CVG-ALUCASA" y fue Profesora en la cátedra de ingeniería de procesos para estudiantes de ingeniería química



Investigadora Científico Trinidad Volcán **Fuente**: Prensa CNTQ

en la Universidad Simón Bolívar (USB). La Ingeniero Volcán desarrolla proyectos científicos para atender necesidades de la industria química y petroquímica nacional utilizando el conocimiento científico desarrollado por investigadores de universidades e institutos de investigación nacional. Adicionalmente desde el CNTQ realiza estudios de Vigilancia Tecnológica a partir de la revisión de patentes y artículos científicos con los cuales se identifican tecnologías de producción y estado de la investigación para la producción de cualquier insumo para la industria química y petroquímica. Estos estudios son el primer paso para el desarrollo de proyectos y lineas de investigación, así como de estudios de visualización para la producción de insumos para el sector químico, petroquímica, farmacéutico y

maderero.



Investigadora Científico Yeimy Nieves **Fuente**: Prensa CNTQ

Yeimy Nieves es Licenciada en Biología, Mención Biología Celular de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Licenciada en Ciencias Fiscales, Mención Rentas, de la Escuela Nacional de Administración y Hacienda Pública. Desempeña labores en la Coordinación de Gestión de la Calidad en el CNTQ. Ha participado en el Centro Nacional de Genética Médica de Venezuela, bajo la directrices de la Misión Dr. José Gregorio Hernández; Se capacitó como Bióloga Citogenestista y prestó servicio genético gratuito a la población más vulnerable del país elaborando Cariotipos Humanos con el fin de realizar un análisis numeral y estructural de los cromosomas, estableciendo una relación cariotipo-fenotipo dando así un asesoramiento genético. Además a colaborado con la Fundación Instituto de Estudios Avanzados – IDEA, en el desarrollo de terapias alternativas en el Laboratorio de Señalización Celular y Bioquímica de Parásitos donde realizó ensayos in vitro con el fin de estudiar el efecto citotóxico de un flavonoide sobre la viabilidad y la homeóstasis del calcio intracelular en Leishmania mexicana. Desde el CNTQ se encuentra estudiando nuevas tecnologías que puedan ser aplicadas en nuestro país con el fin de innovar en el área de cacao. “Tenemos que hacer de las ciencias un tema común, que cada ciudadano entienda la importancia de crecer científicamente como país” señala Nieves.



Investigadora Científico Jiraleiska Hernández **Fuente**: Prensa CNTQ

Jiraleiska Hernández Ingeniera Ambiental de la Universidad Marítima del Caribe (UMC), Coordinadora del área de Energía y Ambiente del CNTQ. Realizó investigaciones sobre

"Estudio de Patentamiento para el Reciclaje de las Aguas Residuales (2012-2017)". "Alternativas de Recuperación, Reuso, Reciclaje y Disposición Final de la Tierra de Blanqueo Gastadas en el Proceso de Refinación del Aceite Vegetal", "Tendencias de Patentamiento en Tecnologías de Tratamiento de Agua y Agua residual (2012-2016)", "Bioenergia: Estudio de Tendencia Patentométrica (2013-2018)", "Centrales Termoeléctricas: Cálculo de Emisiones y Tendencias". Además, investigó sobre la propuesta de construcción y acondicionamiento de un espacio para la instalación de un parque biosaludable en la Fundación Laboratorio Nacional de Vialidad (Fundalanavial), Edo. Vargas y en la Universidad Nacional Experimental Marítima del Caribe (UMC) realizó investigaciones sobre "Análisis del ruido ambiental". Ha publicado artículos sobre "Economía circular aplicada: Tierra de Blanqueo Gastada en el Proceso de Refinación de Aceite Vegetal". Revista: Ciencia en Revolución (Edición Nro. 11, 2017). Autor: Hernández J. y Istúriz J. "CNTQ coordina la Subcomisión Presidencial de Evaluación de Tecnologías de Tratamiento de Desechos." Revista: Ciencia en Revolución (Edición Nro. 11, 2017). Autor: Hernández, J. "Tendencias de Patentamiento en Tecnologías de Tratamiento de Agua y Agua Residual (2012–2016)" Aceptado el 24/12/2018 por la revista Gestión y Gerencia, ISSN: 2443-4612. Autor: Hernández J., Vilanueva S. y Henriquez M. La Ingeniera Hernández, contribuye al impulso de un sistema económico productivo que genere valor agregado a partir de los residuos generados por las actividades humanas a escala local, así como su empleo industrial. Le interesa seguir fortaleciendo el tejido científico–tecnológico del país con información técnica oportuna para la toma de decisiones orientadas a la resolución de problemas, identificación de tecnologías, remediación de zonas afectadas por actividades humanas, sensibilización ambiental, y todo aquellas actividades que aporten a la mejora de la calidad de vida de la población, como garantía a las generaciones futuras.

A través de la opinión de nuestros entrevistados, se reafirma que el Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), lleva a cabo la misión de guíar a jóvenes venezolanos para formar una generación de nuevos investigadores que trabajen diariamente en temas estratégicos que contribuyan con la búsqueda de nuevos espacios para el desarrollo tecnológico e impulsen la independencia y soberanía del país.

Cayapa Heróica contabiliza 14 hospitales visitados

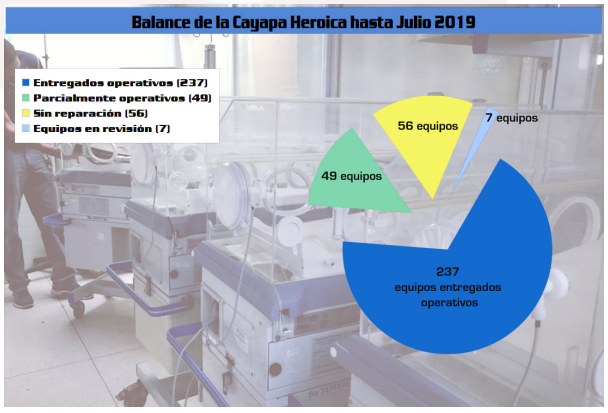
Con 349 equipos revisados y 237 entregados operativos

Prensa Cendit/ CM

El 30 de agosto de 2018 Fundación Cendit, ente especialista en Telecomunicaciones, recibió en sus instalaciones dos incubadoras inoperativas provenientes del Hospital tipo 4 Victorino Santaella de Los Teques. Con ellas iniciaría uno de los proyectos más sensibles y conmovedores de esta institución que cuenta con 14 años de trayectoria como principal referente, en un área tan demandada como las telecomunicaciones. Esta iniciativa nace como respuesta a un llamado urgente e impostergable del Gobernador del Estado Miranda, luego de diagnosticar como problema prioritario el gran número de equipos de cuidado neonatal dañados, necesitando respuestas eficaces de parte del brazo científico y tecnológico del estado, agrupados en el Consejo Científico de Miranda.



Fuente: Pantallas de Monitoreo Corpoelec San Bernardino recuperadas. Crédito Carlelines Gavidia.



Balance de Cayapa Heroica. Crédito Candi Moncada.

Hoy, a once meses, muestra con orgullo números que duplican el compromiso asumido ante el Gobernador Rodríguez, recuperar 100 equipos en un año. El saldo hasta ahora contabiliza 237 equipos entregados operativos, 14 hospitales visitados y 7 instituciones articuladas (Cendit, Industrias Canaima, CNTQ, Consejo Científico de Yaracuy y las Fundacites de Anzoátegui, Amazonas y Táchira). Pero por encima de lo cuantitativo, resalta el saldo articulador y de reconocimiento de capacidades que este proble-

ma permitió visibilizar, así como la voluntad de superar las agresiones externas, sobre todo si van dirigidas contra el sagrado proceso de la natalidad.

La "Cayapa Heroica" hoy emerge como un punto común, donde poco a poco se empiezan a sumar voluntades institucionales, todas con el mismo fin de dar respuesta en lo local, a las necesidades de recuperación de equipos electrónicos de diversa naturaleza, focalizando su accionar en aparatos prioritarios que atienden la salud de los más pequeños.

El trabajo no ha sido sencillo. La electrónica aunque sencilla para los miembros de la Cayapa (hombres y mujeres heróicos), representa un reto al momento de reemplazar componentes especializados, sobretodo en el contexto económico y de bloqueo que tiene como escenario este proyecto: "Si no tenemos los componentes, ahí viene el verdadero reto, porque tenemos que buscar uno que pueda sustituirlo y que se consiga en Venezuela". Hemos tenido suerte, relata Orlando Villarroel, ingeniero mecánico, coordinador de la unidad de Diseño Mecánico del Cendit.

De los 105 equipos que no han podido ser recuperados, 56 se encuentran sin posibilidad alguna de reparación por fallas severas o por encontrarse desvalijados y han servido como fuente de repuestos para otros, los 49 restantes están reparados pero en espera de accesorios para la operatividad, como cables de paciente, brazaletes, motores, transistores, acrílicos, entre otros.

A pesar de los obstáculos, el trabajo ha sido satisfactorio y ha permitido que un problema cuya solución requería una inminente inversión en dólares, fuera resuelto con conocimiento técnico venezolano y con insumos que se encuentran en el mercado nacional. Esta es una de las tantas iniciativas nacidas bajo el bloqueo, que demuestran las amplísimas capacidades de las venezolanas y los venezolanos, cuando de defender su dignidad y hacerle frente a las adversidades se trata.



Equipo de trabajo encubadora. Crédito Candi Moncada.



Equipo de trabajo encubadora. Crédito Candi Moncada.

Desarrollo Espacial Venezolano hecho en Revolución



Despegue Satélite Simón Bolívar Fuente:ABAE

Prensa CNTQ/MH/LG

A finales de los años 90 para muchos era impensable que un país como Venezuela tuviera una Agencia Espacial, mucho menos que contara con un satélite geoestacionario propio para el beneficio de sus ciudadanos. Hoy en día luego de un par de décadas un país como Venezuela asediado y amenazado cuenta no con uno, sino con tres satélites en órbita, todos en perfecto funcionamiento y prestando servicios las 24 horas del día a los diferentes usuarios especializados y a la sociedad venezolana en general.

El Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología creado por el Comandante Hugo Chávez es quien lidera la tarea de iniciar el programa espacial venezolano, con el lanzamiento del satélite Simón Bolívar (Sistema Satelital



Equipo de Trabajo en China Fuente: ABAE



Satélite en órbita. Fuente: ABAE

VENESAT-1) en Octubre de 2008, Venezuela se convierte en una de las pocas naciones en disponer de un sistema satelital de telecomunicaciones propio, operado desde Venezuela y con total control de sus diferentes elementos (segmento terreno y segmento espacial).

En ese mismo año se crea la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales, quien se encarga de operar y mantener los sistemas satelitales venezolanos en órbita y prestando servicio de forma ininterrumpida. Luego en 2012 con el lanzamiento del satélite Miranda (Sistema Satelital VRSS-1) se da un nuevo paso en el programa espacial venezolano, ahora incluyendo un sistema de percepción remota para el servicio de las instituciones y empresas estratégicas que requieren imaginería de alta y baja resolución, entre ellas PDVSA, Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo, IGVSB, FUNVISIS, FANB, entre otras.

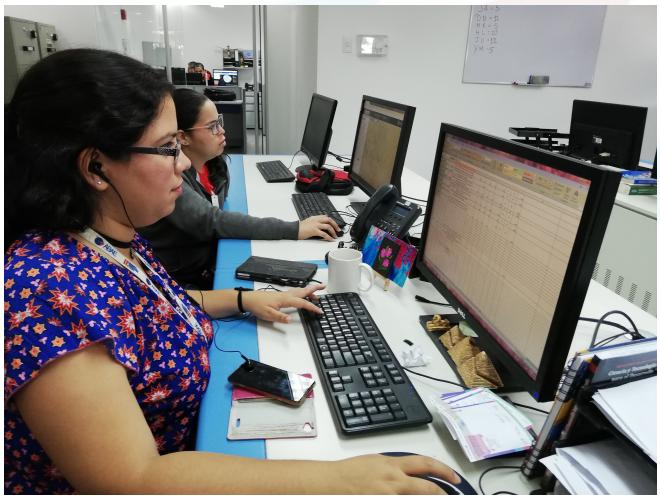
Con una vida útil teórica de 5 años el satélite Miranda, hace posible la continuidad de este programa satelital de percepción remota con el lanzamiento del satélite Sucre (Sistema Satelital VRSS-2) en 2017, el cual marca un hito importante para el desarrollo técnico de los profesionales en la ABAE, ya que este proyecto permitió que venezolanos trabajaran de la mano con técnicos chinos durante todas las fases del desarrollo de este sistema satelital en China y en Venezuela, adquiriendo destrezas y conocimientos avanzados en la gerencia, diseño, ensamblaje, integración, pruebas y lanzamiento del satélite para su colocación en órbita. Esta experiencia y conocimiento sumada a toda la experticia acumulada desde el lanzamiento del primer satélite, es de gran importancia para el programa espacial venezolano, ya que permite que el Centro de Investigación y Desarrollo Espacial (ubicado en Borburata, Estado Carabobo) cuente con las capacidades técnicas necesarias para su puesta en marcha y producción en el mediano plazo.

Actualmente, ya con tres satélites en órbita y un cuarto en fase de planificación para sustituir al satélite Simón Bolívar (próximo satélite Guaicaipuro), la ABAE se encuentra en proceso de revisión, rectificación y planificación de largo plazo, que tiene como objetivo construir de forma colectiva el Plan Nacional Aeroespacial para los próximos 30 años y con la participación

de diferentes actores de diversos sectores, entre ellos, el político, científico, tecnológico, petrolero, defensa, entre otros.



Maqueta de Satélite fuente: ABAE



Equipo de Trabajo Venezuela Fuente: ABAE

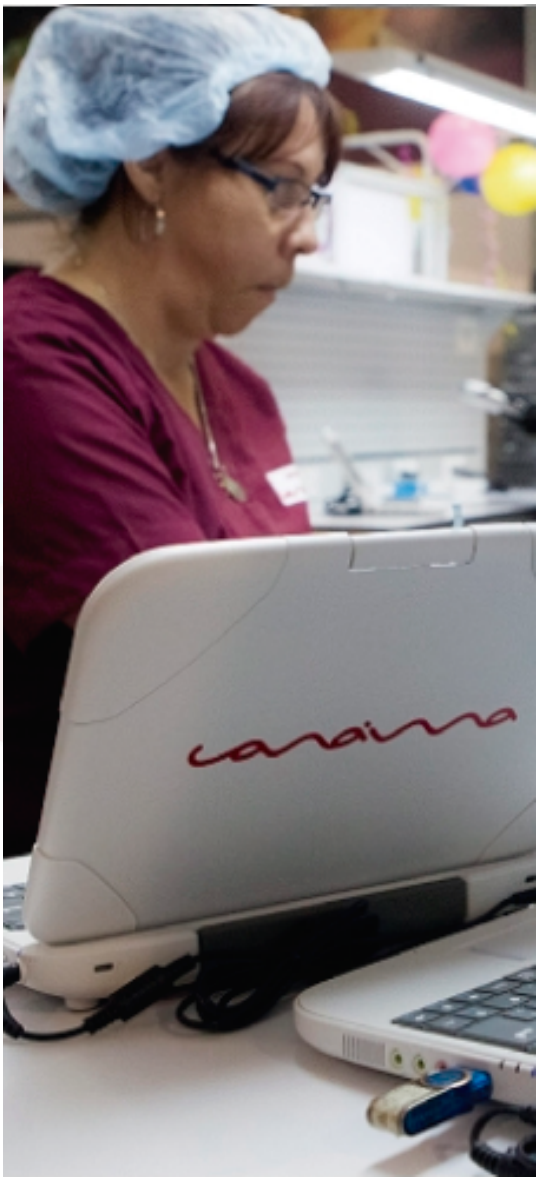
El principal objetivo de este Plan Nacional Aeroespacial es hacer que el desarrollo aeroespacial de Venezuela sea irreversible y además darle viabilidad a las actividades espaciales de forma sostenible, potencialmente generando riquezas para la nación, producto de la prestación de servicios satelitales a nivel nacional e internacional con la participación de diferentes aliados nacionales e internacionales.

Industria Canaima de la Mano con las Comunidades

Prensa Canaima

Industria Canaima impulsa el Programa de atención a las comunidades con las Jornadas de Reparación de equipos Canaima, dando respuestas en sectores más vulnerables. Así mismo, Industria Canaima nacida en revolución gracias al Comandante Supremo Hugo Chávez, fortalece acuerdos con el Poder Popular para brindarles servicios técnicos de la mano de sus trabajadores y trabajadoras, comprometidos con el desarrollo de nuestra soberanía.

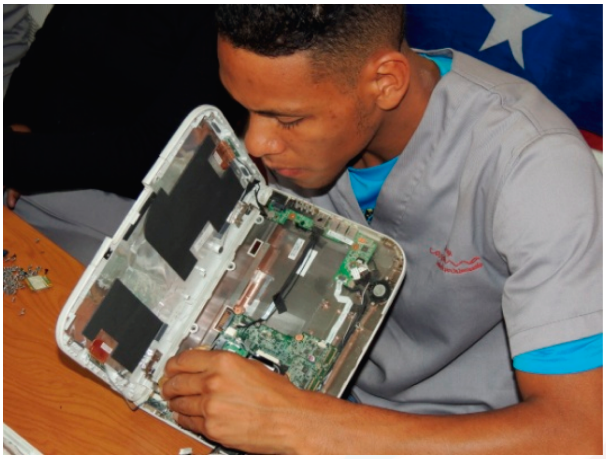
A pesar de enfrentar la peor de las crisis económica, nuestro pueblo sigue en pie, alzando su voz ante los constantes ataques del imperio norteamericano y la derecha venezolana, mostrando cada día que nuestro camino es la paz, la producción y el dialogo impulsado por nuestro Presidente Nicolás Maduro. No dejaremos de continuar nuestro proceso revolucionario y de trabajar para nuestro pueblo.



Personal Canaima **Fuente:** Prensa Canaima

Con el Programa de Reparaciones hemos visitado más de 7 comunidades, escuelas básicas y técnicas; reparando más de 1000 equipos entre computadoras y tabletas Canaima en lo que va de año. Destacando que este servicio ha sido totalmente gratuito, donde además, brindamos charlas a cargo del equipo de Educación Interactiva para la concientización en el buen uso de

estos equipos. Los mismos destinados a los niños, niñas y jóvenes de la Patria, con la intensión de empoderarlos del conocimiento y sentido de pertenencia.



Ensamblaje Canaima **Fuente**: Prensa Canaima

La experiencia más reciente fue en el pasado mes de Junio en el estado Cojedes durante la Expo Feria INNOVA 2019, donde se atendieron más de 1000 personas, alcanzando una cifra de equipos reparados de 180; mostrando hechos concretos, con talento venezolano y que en medio de un bloqueo financiero, no ha mermado nuestro compromiso y amor por continuar nuestro camino de la revolución bolivariana y lucha por la inclusión tecnológica.

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Nieves. et al., Vol. 5, Nº 15, 35–42, agosto, 2019.

Dissemination Article: Banks of Germplasm of *Theobroma Cacao*, importance and definition

Yeimy Nieves, Cristóbal Vega,[**] Samuel Villanueva,[*] Magaly Henríquez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innnovación,
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Summary

The germplasm banks are centers of conservation of biological material par excellence distributed worldwide, whose main objective is to preserve the biodiversity of species. They are guarantors of the rescue and conservation of food species, economically important and characteristic of each region. *Theobroma Cocoa* Germplasm Banks have been created internationally to protect native varieties and wild species, in addition to ensuring the conservation of biodiversity and meeting the needs of the scientific community and farmers. It is important to note that Venezuela has the only natural laboratory in the world of Porcelain Criollo Cocoa.

Keywords: banks of germplasm; conservation; biodiversity; Theobroma Cocoa.

Artículo de divulgación: Bancos de germoplasma de *Theobroma Cacao*, definición e importancia

Resumen

Los bancos de germoplasma son centros de conservación de material biológico por excelencia distribuidos mundialmente, cuyo objetivo principal es preservar la biodiversidad de especies. Son garantes del rescate y conservación de especies alimentarias, importantes económicamente y características de cada región. Los Bancos de Germoplasma de *Theobroma Cacao* han sido creados a nivel internacional con el fin de proteger variedades nativas y especies silvestres, además de garantizar la conservación de la biodiversidad y satisfacer las necesidades de la comunidad científica y de los agricultores. Es importante destacar que Venezuela cuenta con el único laboratorio natural en el mundo de Cacao Criollo Porcelana.

Palabras claves: bancos de germoplasma; bioconservación; biodiversidad; Theobroma Cacao.

Cuando hablamos de bioconservación de una especie, inmediatamente lo relacionamos con su preservación en el tiempo sin alterar las características que la define y la hace única. Debido a factores como el cambio climático, contaminación por plagas y el impacto de la mano del hombre en la naturaleza,

[*]Autor para correspondencia: S. Villanueva e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com
[**]Dirección permanente: C. Vega Instituto de Matemáticas y Cálculo Aplicado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

la bioconservación en los últimos años ha sido de interés científico y en consecuencia, se ha vuelto mucho más complejo de desarrollar, por lo cual se han ejecutado programas que permiten la conservación de los recursos fitogenéticos.

Las primeras iniciativas de conservación de los recursos fitogenéticos a nivel mundial, se gestaron como resultado de las dos primeras conferencias internacionales sobre recursos fitogenéticos promovidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en los años 1967 y 1973. En ellas, se exhortó a los interesados en establecer una red mundial de bancos de germoplasma [1]. La desaparición de la vegetación y la contaminación de cultivos hace necesario la realización de estudios detallados que involucren la descripción, caracterización y resguardo de diferentes especies vegetales con el fin de mantener la biodiversidad genética de las mismas. En este sentido, los bancos de germoplasma tienen un papel muy importante desde el punto de vista biológico y agrícola.

1. Definición de germoplasma

El *germoplasma* puede ser definido como cualquier material capaz de transmitir los caracteres hereditarios de una generación a otra. Representa la base física de la transmisión genética, o bien la suma de los genes y de los factores citoplasmáticos que rigen la herencia. Al hablar de germoplasma vegetal, puede aludirse a distintas estructuras vegetales (esporas, tejidos ó partes de plantas), incluyendo sus células y compuestos con información genética (ADN, ARN) y, de especial modo, las semillas.



Figura 1: Conservación de semillas.
Fuente: Banco de germoplasma http://www.jardibotanic.org/.

2. Bancos de germoplasma

Los centros encargados de la conservación de la biodiversidad genética de uno o varios cultivos son denominados *bancos de germoplasma* [2]. La Figura 1 muestra un ejemplo de sistemas de conservación de semillas.

Importancia de los bancos de germoplasma

Los bancos de germoplasma son centros orientados a la representación de la variabilidad genética correspondiente a una especie determinada y se les consideran una herramienta real y concreta para planes de restauración ecológica [3] donde los recursos fitogenéticos de interés para el hombre, se pueden conservar en su hábitat natural (conservación in situ), en condiciones diferentes de su hábitat natural (conservación ex situ, ver Figura 2), o combinando los métodos in situ y ex situ, es decir, de manera complementaria [4]. Pueden contener desde decenas hasta miles de muestras, mantenidas en los ambientes y condiciones adecuadas [5]. Estos bancos son de vital importancia ya que permiten capturar la máxima diversidad genética, rescatando la agrobiodiversidad a través de la recolección, estudio, conservación y potenciación de muestras de plantas cultivadas [6]. Estas instituciones realizan diferentes actividades que van desde adquirir el germoplasma, conocer sus características, utilidad potencial, y asegurar su supervivencia, hasta mantenerlo disponible para los usuarios y difundir información que estimule su utilización [5].



Figura 2: Conservación in vitro.
Fuente: Perú impulsará creación del gran banco de germoplasma para preservar la biodiversidad https://elproductor.com/.

Clasificación de los bancos de germoplasma

Los bancos de germoplasma en dependencia del área que abarquen, dentro o fuera del país se agrupan en:

- Institucional, conservan germoplasma de institutos específicos.
- Nacional, reservan en gran número muestras nacionales y de potencial interés para personas que trabajan en investigaciones de plantas.
- Regional, custodian materiales de varios países, se establece como un centro colaborador en la región geográfica.
- Internacional, conservan grandes colecciones a escala mundial, centradas en cultivos específicos [5].

3. Bancos de germoplasma a nivel mundial

Los bancos de germoplasma pequeños proporcionan semillas a nivel nacional y local. Sin embargo, los pertenecientes al Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR)) formado por quince (15) centros sin fines de lucro, presentes principalmente en países en vías de desarrollo, y otros grandes bancos nacionales como los de Australia, Brasil, Canadá, China, Alemania, Holanda, Federación Rusa, Estados Unidos y el Banco Nórdico o el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Costa Rica distribuyen muestras a nivel internacional. El Centro Mundial de Vegetales (World Vegetable Center) de Taiwán es también uno de los bancos más importantes, solamente entre este centro y los del CGIAR se distribuyeron más de un millón de muestras en un periodo de 12 años hasta 2010 [7].

4. Papel de los Bancos de germoplasma y el Cacao

Con el objetivo de conservar los recursos fitogenéticos de interés agrícola, se han desarrollados bancos de germoplasma de *Theobroma Cacao*. Las colecciones de germoplasma de *Theobroma Cacao* comenzaron a establecerse alrededor de 1920 y el material del que se compone fue colectado en las regiones Amazónicas

de Brasil, Ecuador y Perú en las décadas de los 30 y 40 [8]. Hacia 1991 la Base de Datos Internacional de Germoplasma de Cacao (International Cocoa Germplasm Database (ICGD)), dirigida por la Universidad de Reading ubicada en Reino Unido, había registrado información de alrededor de 8000 clones, incluyendo materiales silvestres y seleccionados por programas de mejoramiento genético. Actualmente existen dos bancos genéticos calificados como colecciones internacionales por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (International plant genetic resources institute (IPGRI)), uno en Trinidad y Tobago, el Banco Internacional de Cacao (The International Cocoa Genebank (ICG)) y el otro, la Colección Internacional de Cacao (The International Cacao Collection at CATIE (IC3) (*CATIE*)) ubicado en Costa Rica [9].



Figura 3: Diferentes especies de *Tehobroma sp.*
Fuente: Colección internacional de cacao en el CATIE https://www.catie.ac.cr/.

El Banco de germoplasma del CATIE, conserva más de 1200 accesiones (principalmente "Trinitarios" y "Criollos"), y el Banco de germoplasma de la Unidad de Investigación de Cacao (CRU) de la Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad y Tobago), conserva más de 2500 accesiones de cacao, principalmente "Forasteros del Alto Amazona", "Trinitarios" y "Criollos" (ver Figura 3).

Otras colecciones de germoplasma de cacao que se conservan en América del Sur, son:

(INIAP–Ecuador) Colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Pichilingue, con más de 2000 accesiones de todos los grupos germoplásmicos (naturales y artificiales) y colecciones exóticas (introducidas) de otros países, incluyendo material genético peruano colectado de los tributarios del río Ucayali y Marañón.

(CEPEC-Brasil) Colección del Centro de Pesquisas de Cacao, con más de 1500 accesiones de cacao, principalmente "Forastero del Bajo Amazonas y Alto Amazonas" [10].

También existen importantes colecciones de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao*) en, Ghana, Nigeria, Camerún y Costa de Marfil (África); Malasia, Indonesia y Papua Nueva Guinea (Asia-Pacífico) y la del Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), en la Guyana Francesa, que conserva más de 200 árboles madres silvestres. Además, existen centros de cuarentena en la Universidad de Reading (Inglaterra), y en Miami (USA) [10], encargados de cultivar plantas de cacao en invernaderos donde se realiza la cuarentena con el fin de obtener semillas genéticamente "limpias y saludables" mediante mecanismos de estricta vigilancia durante un período aproximado de dos (2) años de aislamiento, evitando así la transferencia de plagas y enfermedades. Estas semillas, posteriormente son enviadas a países de Centroamérica, Sudamérica y el Caribe, y también a África occidental; la cuarentena del cacao es altamente recomendable cuando se transfieren materiales de cultivo entre diferentes regiones productoras.

5. Bancos de germoplasma en Venezuela

Las actividades sistemáticas de mejoramiento genético de plantas en Venezuela comenzaron en 1942, favoreciendo la creación de las colecciones de germoplasma por los fitomejoradores (quienes buscan mejorar las características genéticas de plantas a través de técnicas de cruzamiento de distintas variedades de una misma especie vegetal obteniendo plantas más resistentes y productivas) y aumentando el intercambio nacional e internacional. En nuestro país, estas actividades han sido conducidas por el Gobierno Nacional, Universidades (Universidad Central de Venezuela (UCV), Universidad del Zulia (LUZ), Universidad de los Andes (ULA), entre otras) y empresas privadas. Las actividades de conservación y uso del germoplasma están vinculadas a los proyectos de mejoramiento genético en los cultivos de importancia agrícola, realización de estudios taxonómicos y evolutivos de las especies [11].

Considerando la importancia de los bancos de germoplasma, en nuestro país estos han sido desarrollados con el fin de conservar la biodiversidad y variabilidad genética de especies importantes como el cacao (*Theobroma cacao*). Los cultivos de cacao son de gran relevancia agrícola, y tienen varias limitaciones como organismo experimental ya que sus semillas son recalcitrantes [12], es decir, sensibles a la deshidratación por lo que presentan una rápida pérdida de viabilidad posterior a la diseminación. Las semillas recalcitrantes se diseminan en una condición húmeda y metabólicamente activa [13], esto implica limitaciones graves para su almacenamiento con fines de propagación restringiendo así la conservación tradicional de los recursos genéticos, por lo tanto se requiere el establecimiento de colecciones de germoplasma de cacao ex situ [12].

Ramos [14] refiere que Venezuela contaba con un total de nueve (9) bancos de germoplasma de cacao y dos (2) parcelas demostrativas para el año 1997. Los Bancos de germoplasma estaban distribuidos en cinco (4) en la región occidental, en los estados Mérida (INIA), Zulia (INIA, CORPOZULIA, UNESUR) y Táchira (UNET); cuatro (4) en la región central en los Estados Aragua (INIA-CENIAP, CNCRG) y Miranda (INIA); y una (01) en oriente en el Estado Sucre (INIA). La Tabla 1 describe esta distribución.



Figura 4: Cacao Porcelana. Banco de Germoplasma de Cacao Criollo Porcelana, Estado Zulia.

Fuente: Foto de Liliana Elías. http://vivaelcacao.com/.

La Estación Experimental de Ocumare de La Costa, Estado Aragua, es el más antiguo reservorio de plantas procedentes de las diversas áreas cacaoteras del estado Aragua, cuenta con una colección de germoplasma conocida como **colección 95** la cual surgió bajo la necesidad de rescatar los genotipos criollos típicos para mantener los precios del mercado basados en la calidad, así como, para iniciar programas de mejoramiento genético tendentes a la obtención de plantas de cacao criollo con productividad aceptable y alta calidad en sus frutos, estos materiales genéticos de cacao son de incalculable valor [15].

En el año 2003, se realizó un estudio de la Diversidad Genética a esta colección mediante Amplificación aleatoria de ADN polimórfico (RAPDS) detectando una alta heterogeneidad dentro de los grupos, lo cual sugiere que el germoplasma ha sido expuesto a una alta hibridación natural en el tiempo. De allí la necesidad de incluir poblaciones naturales de *Theobroma* en estudios genéticos de variedades cultivadas para discernir mejor las relaciones genéticas dentro de estas, lo cual es esencial para el desarrollo de los planes dirigidos a la conservación y el mejoramiento del banco de germoplasma [15].

Es importante destacar que Venezuela cuenta con un Banco de Germoplasma de Cacao Criollo

Tabla 1: Bancos de Germoplasmas de Cacao (*Theobroma Cacao*) en Venezuela

Región	Banco	Descripción
Región Occidental	Banco de Germoplasma Chama Edo. Zulia.	Este banco de germoplasma se inició durante 1984, cuenta con 6 Ha y esta conformado por cacao "Porcelana" de los tipo verde, rojo y blanco, generándose esta denominación por el color externo de las mazorcas.
	Parcela demostrativa de cacao. San Juan de Lagunillas. Edo. Zulia	Los materiales que integran esta plantación constituyen una población generativa procedente de la región del Guasare, en las estribaciones de la Sierra de Perijá en el estado Zulia.
	Parcela demostrativa UNESUR Santa Bárbara del Zulia	Esta parcela está conformada por materiales de cacao seleccionados de la zona del Sur del Lago.
	Banco de Germoplasma: La Morisca Edo. Táchira	Los materiales de cacao colectados y establecidos en esta área experimental, presentan características de criollos y fueron colectados en las inmediaciones del rió Táchira (Novillero), verde y rojo, Guasare, proveniente de San Juan de Lagunillas, Criollo de Zea (rojo y verde), materiales de la Bancada El Limón, Sur del Lago y criollos de Hernández, Edo. Mérida.
Región central	Banco de Germoplasma: Padrón, Edo. Miranda	Tiene clones forasteros provenientes de Brasil, Costa Rica, Indonesia, México, Colombia, Grenada, Trinidad y Venezuela. Asimismo, cuenta con otras especies de *Theobroma* como *T. grandiflorum*, *T. bicolor*, y *Herrania sp.*
	Banco de Germoplasma: Ocumare de la Costa, Edo Aragua	Se tienen resguardados los materiales de la Colección 1945 y la Colección 1995, los cuales representan el germoplasma de cacao de alta calidad en los valles del litoral aragüeño.
	Banco de Germoplasma: Centro Nacional de Conservación de los Recursos Genéticos.	Este Centro presenta una réplica parcial de la Colección 1945, también materiales provenientes de ZEA, estado Mérida, y Pedregal, al sur del Lago de Maracaibo. A su vez, se tiene el establecimiento de plantas descendientes de los materiales previamente evaluados, tales como OC-60, OC-61, OC-67, OC-77 y Cho-42.
Región Oriental	Banco de Germoplasma: Irapa, Edo. Sucre.	Se presentan materiales seleccionados en la Península de Paria y de la región del Delta (Tucupita), los cuales se propagaron por injerto usando como patrón el IMC-67.

Fuente: Ramos [14]

Porcelana. En una nota publicada por Joselina Rodríguez en la página web "viva el cacao", la Ingeniero Agrónomo Iraima Chacón señaló que nuestro país cuenta con el único laboratorio natural en el mundo de Cacao Criollo Porcelana (Figura 4) formado por una superficie de seis (6) hectáreas a 40 metros sobre el nivel del mar (msnm) en el Municipio Colón del estado Zulia. Este Banco ubicado en las instalaciones del Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao (CESID-Cacao) en CORPOZULIA, es el lugar donde por 36 años se ha estudiado, conservado y caracterizado el Cacao Criollo Porcelana tanto a nivel morfológico, mediante el estudio de su estructura física y características cuantitativas, como molecular, analizando su ADN a través de marcadores microsatelitales [16].

Este Banco de Germoplasma ha logrado atraer la atención de científicos, maestros chocolateros, estudiosos y demás amantes del cacao en el mundo. Según lo descrito por la ingeniero Chacón, quienes visitan este lugar se quedan maravillado por el material altamente productivo que se puede observar. Es necesario recalcar, que cuando se habla de cacao criollo porcelana, estamos haciendo referencia a un tipo de cacao exclusivo, por su único sabor y aroma, estas características lo definen como uno de los mejores cacaos, y como dato de interés, tenemos que nuestro Cacao Criollo Porcelana fue cultivado, adorado,

seleccionado, aislado en las montañas del Sur del Lago y cuidado por nuestros indígenas [16].

El Estado venezolano a través del Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) desarrolla proyectos dirigidos al resguardo fitogenético de diferentes especies. El Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación del año 2008 indica que el Centro de Investigación y Desarrollo del Cacao Porcelana y otros Criollos (CIDCAP) ejecuta el proyecto de evaluación de la diversidad genética del cacao venezolano, en convenio interinstitucional con IDEA, INIA, UCV, UNESUR, ULA y LUZ, además maneja los bancos de germoplasma de cacao Criollo Porcelana, Criollo Guasare y los Cacaos Criollos colectados en los Estados Zulia y Táchira. Por otra parte, refiere que el Centro Nacional de Conservación de los Recursos Fitogenéticos (CNCRF) tiene ubicado dentro de sus instalaciones conservadas en campo las colecciones de cacao. La colección de Cacao (*Theobroma sp*) está conformada por un total de 39 plantas donde se incluyen 21 clones y 17 plantas (obtenidas por semillas) en campo incluye parte de los materiales denominados criollos modernos y antiguo siendo estos últimos representantes del cacao fino aromático, que le dieron renombre al cacao venezolano en el mundo [16].

El mismo documento refiere que en Amazonas, el banco de germoplasma del Campo Experimental Cataniapo del INIA-Amazonas, cuenta con especies conservadas ex situ de *Theobroma ssp* y *Theobroma grandiflorum*. El Centro de Investigaciones en Biotecnología Agrícola (CIBA) apoya a diversas instituciones en estudios de caracterización y diversidad de los bancos de germoplasma a través de las actividades como preservación y multiplicación de genotipos de interés agrícola utilizando técnicas in vitro de cacao (*Theobroma cacao*). Por otra parte, Universidad Nacional Experimental del Táchira-UNET posee un banco de germoplasma de cacao criollo colectado en Táchira, Sur del Lago de Maracaibo y Mérida. En el 2007, un inventario realizado por el CNCRF de sus bancos de germoplasma reflejó que contaban con doce (12) accesiones de *Theobroma cacao* cuya forma de conservación es a nivel de campo [16].

Las investigaciones sobre germoplasma de cacao en Venezuela han estado orientadas a la colecta, evaluación y conservación de materiales genéticos de interés, en parcelas de observación y bancos de germoplasma. Los criterios de selección de los bancos de germoplasma venezolanos han sido la alta productividad, la resistencia a plagas y enfermedades, las características de Criollos e índices de mazorca y almendras excepcionales [17], sus bases de datos están en continuo desarrollo.

En Venezuela continúan los esfuerzos por parte del Estado en conjunto con los investigadores para desarrollar sistemas eficientes que permitan la conservación de especies importantes en la economía nacional como el cacao y otros rubros vitales en la seguridad y soberanía alimentaria. La suma de estos esfuerzos permitirá prevenir posibles extinciones de variedades nativas y especies silvestres, además de garantizar la conservación de la biodiversidad y satisfacer las necesidades de la comunidad científica y de los agricultores.

Referencias

[1] T. Franco. Los bancos de germoplasma en las américas. *Recursos Naturales y Ambiente–CATIE*, 53:81–84, 2008.

[2] G. Bacchetta, A. Bueno, G. Fenu, B. Jiménez-Alfaro, E. Mattana, B. Piotto, and M. Virevaire. *Conservación ex situ de plantas silvestres*. Jardín Botánico Atlántico, Principado de Asturia, 2008.

[3] M. Pérez. Caracterización morfológica y bioquímica para la sistematización del banco de germoplasma del genero canavalia. Trabajo especial de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela, 2004.

[4] D. Pérez, M. Gutierrez, E. Mazzani, T. Barreto, V. Segovia, and C. Marin. Recursos fitogenéticos de venezuela. Reporte 42, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Venezuela, 1998. Serie C.

[5] S. Jaramillo and M. Baena. Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Reporte, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, 2000.

[6] A. Monteros, M. Tacán, G. Peña, C. Tapia, N. Paredes, and L. Lima. Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en ecuador. Reporte 432, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Santa Catalina. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos., Ecuador, 2018.

[7] C. Lusty, L. Guarino, J. Toll, and B. Lainoff. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, chapter Genebanks: Past, Present and Optimistic Future, N.K. Van–Alfen Edit., pages 417–431. Elsevier, Amsterdam, 2014.

[8] B. Bartley. *The genetic diversity of cacao and its utilization.* CABI Publishing, United Kingdom, 2005.

[9] M.J. End, R.M. Wadsworth, and P. Hadley. The international cocoa germplasm database. In *International workshop on conservation, characterization and utilization of cocoa genetic resources in the 21st Century*, pages 48–52, Port of Spain, Trinidad and Tobago, Sep 1992. Cocoa Research Unit, West Indies Univ., St. Augustine.

[10] B. Eskes and C. Lanaud. *Tropical Plant Breeding*, chapter Cocoa, pages 78–105. CIRAD, Charrier et al. Ed., France, 2001.

[11] Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). Venezuela: Informe Nacional Para La Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogeneticos. In *Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogeneticos*, Caracas, Venezuela, julio 1995. FAO.

[12] C. Sousa-Silva, G. Venturieri, and A. Figueira. Description of amazonian theobroma l. collections, species identification, and characterization of interspecific hybrids. *Acta Botánica Brasileña*, 18(2):333–341, 2004.

[13] S. Magnitskiy and G. Plaza. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, 25(1):96–103, 2007.

[14] G. Ramos. Situación actual de la investigación venezolana en germoplasma de cacao. In *Congreso Venezolano del Cacao y su Industria*, pages 155–163, Maracay, Venezuela, 1997.

[15] M.E. Osorio, E. Salazar, A.Y. Zambrano, and J.R. Demey. Diversidad genética de una colección de cacao mediante rapds. *Agronomía Tropical*, 53(1):5–16, 2003.

[16] Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Segundo informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. Informe 2, Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT)–Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), Venezuela, 2008.

[17] M.L Quintero. *Productos básicos agrícolas y desarrollo: producción y comercialización de cacao en Venezuela.* Tesis doctoral, Departamento de Economía Aplicada y Métodos Cuantitativos, Universidad de la Laguna, España, 2015.

López et al., Vol. 5, Nº 15, 43–46, agosto, 2019.

Rare earth, a hidden value in waste electrical and electronic equipment (WEEE)

Maybel López, Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva,* Magaly Henríquez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación,
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Summary

Due to economic growth, technological innovation and market expansion, the generation of waste electrical and electronic equipment (WEEE) has increased significantly, representing a new environmental challenge for society. The WEEE contains a wide range of elements with high commercial value such as precious metals and rare earths, as well as toxic substances that can be harmful to public health and the environment. This article aims to inform about technologies, developed worldwide, for the recovery of metals contained in WEEE of telecommunication category, during a search period dating from 1997-2017. Identifying research worldwide that apply techniques of pyrometallurgy, hydrometallurgy and biometallurgy for the proper management.

Keywords WEEE, precious metals, dangerous substances, technologies, pyrometallurgy, hydrometallurgy and biometallurgy.

Tierras raras, un valor oculto en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Resumen

Debido al crecimiento económico, la innovación tecnológica y la expansión del mercado, la generación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) ha aumentado significativamente, representando un nuevo desafío ambiental para la sociedad. Los RAEE contienen una amplia gama de elementos con alto valor comercial como los metales preciosos y las tierras raras, así como sustancias tóxicas que pueden ser perjudiciales para la salud pública y el ambiente. Este artículo pretende informar sobre las tecnologías, desarrolladas a nivel mundial, para la recuperación de los metales contenidos en los RAEE de categoría telecomunicacional, durante un periodo de búsqueda que data desde 1997-2017. Identificando investigaciones a nivel mundial que aplican técnicas de pirometalurgia, Hidrometalurgia y biometalurgia para la gestión adecuada.

Palabras claves RAEE, metales preciosos, sustancias peligrosas, tecnologías, pirometalurgia, hidrometalurgia y biometalurgia.

*Autor para correspondencia: S. Villanueva e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) son todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos, incluyendo todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha; así lo establece el artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE. El aumento de estos aparatos tecnológicos y su uso desmedido en nuestra sociedad, ha provocado una rápida obsolescencia de los equipos. El crecimiento de lo obsoleto en los equipos crea preocupación internacional por la necesidad de un sistema de gestión para el tratamiento de sus residuos [2] (Ver figura 1). Actualmente en Venezuela, los entes rectores de Ambiente y de Ciencia–Tecnología (CyT) han impulsado el desarrollado de investigaciones legales y técnicas para la disposición adecuada de los RAEE, así como, la identificación de tecnologías orientadas a la recuperación de los metales y tierras raras que contienen. Sin embargo, aún no se han establecido políticas ambientales orientadas al manejo seguro de los desechos eléctricos y electrónicos.



Figura 1: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE

Fuente: Baldé *et al* [1]

"Extraer metales preciosos a través del reciclaje de los residuos eléctricos es más barato que extraer los recursos vírgenes", según estimaciones de científicos chinos y australianos el costo de recuperar 1 kg de oro a partir de los RAEE equivale a 1.591 dolares (1289,8 euros) para el 2015. Mientras que, el gasto necesario para extraer 1 kg de oro en la naturaleza está alrededor de 33.404,6 dolares (27081,28 euros); según publicación de Lucia Caballero en *El Diario* de España en 2018. La empresa recicladora Sueca de aparatos eléctricos y electrónicos Boliden, expreso en un informe de sustentabilidad que de 1 tonelada de celulares se pueden recuperar entre 150-400 g de oro, entre 500 a 700 g de plata y entre 50 a 150 kg de cobre, práctica/oficio conocido como "minería secundaria o minería urbana". Definitivamente, estos residuos no son "basura", tienen valor y pueden ser gestionados de forma sustentable.



Figura 2: Japón Elabora medallas para los juegos olímpicos 2020 con smartphones reciclados.

Fuente: Sakakibara [3]

Un valor oculto en los residuos eléctricos es la posibilidad de recuperar elementos como las tierras raras (Galio, indio, europio, germanio, entre otros), ampliamente utilizados en la industria informática civil y militar. Por su parte China domina el 90 % de la extracción primaria de estos materiales, que difícilmente se pueden encontrar en el mercado, ya que están sujetos a controles de exportación estrictos. Por esta razón, países como Alemania, Bélgica, Suecia, Estados Unidos de América y Japón se vieron obligados a buscar fuentes alternativas para la obtención de estos elementos; siendo el reciclaje de residuos electrónicos una opción económicamente viable [4].

Japón está interesado en el mercado que implica el reciclaje de los residuos de aparatos eléctricos, a través de empresas como Eco-System Recycling Co y Yokohama Metal Co Ltd dedicadas al tratamiento de los RAEE y extracción de metales preciosos. En 2014 este país desde el reciclaje de smartphones recuperó 143 kg de oro, 1.566 kg de plata y 1.112 t de cobre a través del reciclaje de smartphones, destinados a la fabricación de las medallas que se otorgaran en los juegos olímpicos 2020 a celebrar en Tokio (Ver figura 2). Iniciativa que hace hincapié al desarrollo de un

mercado sostenible, obteniendo material de bajo costo para la naciente industria de re–valorización de los residuos electrónicos [3].

En el reciclado de los RAEE y recuperación de los metales preciosos y metales menores o básicos, es necesario establecer tres etapas: Iniciando con la recolección, clasificación y desmantelamiento, seguido de pretratamiento mecánico, y tratamiento final o postratamiento. En el postratamiento se incluye el refinado de los metales y la disposición de los materiales peligrosos (Ver Figura 3) [5]. La recuperación de este tipo de elementos consiste en recobrar los metales preciosos a través de tecnologías como: La pirometalurgia, hidrometalurgia y biometalurgia utilizadas a nivel mundial para tratar estos residuos.

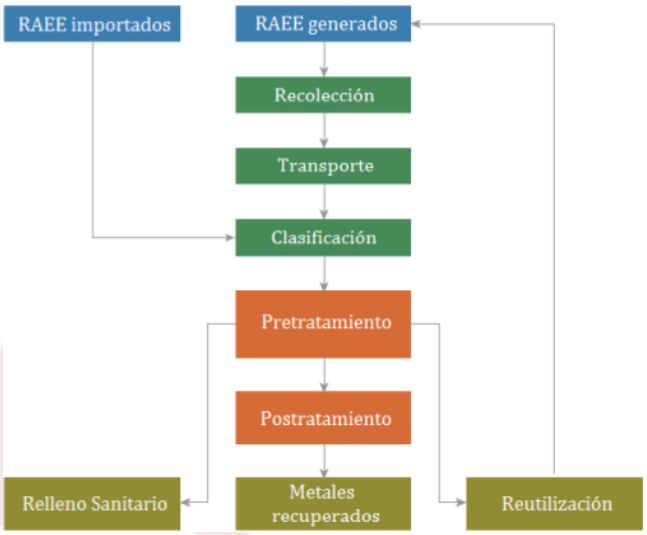


Figura 3: Proceso general para el reciclaje de los RAEE.

Fuente: Villavicencio [5]

La pirometalurgia consiste en fundir los residuos electrónicos pretratados dentro de un horno a temperaturas de 1300ºC y 1450ºC para eliminar los plásticos y los óxidos refractarios, formando una fase de escoria junto con algo de óxidos metálicos [6]. Mientras que la vía hidrometalurgia es la recuperación de metales preciosos a través de la lixiviación ácida o cáustica de material sólido para la disolución selectiva de los metales preciosos contenidos en estos residuos [7]. Finalmente la tecnología biometalurgia se basa en las interacciones entre organismos vivos (hongos, plantas, bacterias, etc) y metales, a través de sus funciones celulares, generando un conjunto de reacciones químicas que tienen como resultado la recuperación de estos materiales de los RAEE [8].

La factibilidad técnica y económica en la recuperación de metales preciosos de los RAEE ha conllevado a que países como Alemania, Bélgica, Suecia, Estados Unidos, Japón y China desarrollen e impulsen actividades de minería urbana dentro de su territorio, con acciones que garanticen la obtención de minerales de fuentes alternativas con menor impacto al ambiente y contribuyendo a la reducción de desechos peligrosos en los vertederos municipales.

Referencias

[1] C.P. Baldé, V. Forti, V. Gray, R. Kuehr, and P. Stegmann. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos 2017 Cantidades, Flujos, y Recursos. Reporte técnico, Universidad de las Naciones Unidas (UNU), Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), 2017.

[2] A. Tuncuk, V. Stazi, A. Akcil, E.Y. Yazici, and H. Deveci. Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in recycling. *Minerals Engineering*, 25(1):28–37, 2012.

[3] K. Sakakibara. Tokyo olympic medals to be made from e–waste. *Nikkei Asian Review*, August 2016.

[4] Committee on Development and Intellectual Property. Patent landscape reports on e–waste recycling technologies. Patent Landscape Reports, Word Intellectual Property Organization, 2013.

[5] P. Villavicencio. Recuperación de metales preciosos y menores por medios de minería electrónica en méxico. Tesina de especialista, Programa Único De Especializaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Noviembre 2015.

[6] J. Cui and L. Zhang. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158(2–3):228–256, Febrero 2008.

[7] G. Pecci, A. Salvucci, and G. Senese. Recuperación de metales preciosos de placas de circuito impreso. Trabajo final de grado, Ingeniería Ambiental, Universidad Católica de Argentina, Argentina, agosto 2016.

[8] M. Vargas. Recuperación de cobre a partir de los residuos de tarjetas de circuitos integrados de aparatos eléctricos y eléctricos. Trabajo de grado, Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico (EAFIT), Colombia, Abril 2017.

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Tellería–M. et al., Vol. 5, Nº 15, 47–52, agosto, 2019.

Dissemination Article: Tire Manufacturing – The complex process that drives the current lifestyle

Natacha Tellería–Mata, Samuel Villanueva,* Magaly Henríquez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innnovación,
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Summary

Tires are essential elements in everydayness. They allow the transfer to places of study, recreation and work, as well as food, goods and services that maintain the current dynamic lifestyle. Although it does not look like it, its manufacture is a complex process that involves several stages, specialized machinery and high quality raw materials, to ensure the obtaining of a product with impeccable performance that guarantees the safety and integrity of drivers and companions. This article summarizes the stages that make up the manufacturing process of this important and strategic component of the automotive system.
Keywords: pneumatic tire; rubber; extrusion; calendering; vulcanization.

Artículo de divulgación: Manufactura de Neumáticos – El complejo proceso que motoriza el actual estilo de vida

Resumen

Los neumáticos son elementos esenciales en la cotidianidad. Permiten el traslado a los lugares de estudio, recreación y trabajo, así como, de la comida, bienes y servicios que mantienen el estilo de vida dinámico actual. Aunque no lo parezca, su manufactura es un proceso complejo que involucra varias etapas, maquinaria especializada y materias primas de alta calidad, para asegurar la obtención de un producto con desempeño impecable que garantice la seguridad e integridad de conductores y acompañantes. El presente artículo resume las etapas que conforman el proceso de manufactura de este importante y estratégico componente del sistema automotriz.
Palabras claves: caucho neumático; goma; estrusión; calandrado; vulcanización.

Un neumático es básicamente un elemento que permite a un vehículo desplazarse en forma suave a través de superficies lisas. Consiste en una cubierta principalmente de caucho que contiene aire y soporta al vehículo y su carga, manteniendo la suficiente flexibilidad para resistir continuas deformaciones. Su estructura debe tolerar la dañina acción del oxígeno, las grasas, aceites y de la luz solar, enemigos principales del caucho, además de aportar seguridad y rendir un buen kilometraje [1].

*Autor para correspondencia: S. Villanueva e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

1. Componentes de un neumático

Como se observa en la Figura 1, está compuesto por una serie de piezas o subconjuntos, los cuales tienen una función específica en el servicio y en el rendimiento.

Banda de rodamiento: Es el componente de resistencia al desgaste del neumático en contacto con la carretera. También debe proporcionar tracción, deslizamiento sobre mojado y buenas características en las curvas con mínima generación de ruido y baja acumulación de calor.

Forro interno: Una capa hermética de caucho sintético que retiene el aire comprimido dentro del neumático.

Capa de carcasa: La capa sobre el forro interior, consiste de hilos delgados de fibra textil unidos al caucho. El tejido determina en gran medida la resistencia del neumático y lo ayudan a resistir la presión. Los neumáticos estándar contienen aproximadamente 1.400 hilos, cada uno de los cuales puede resistir una fuerza de 33 lb.

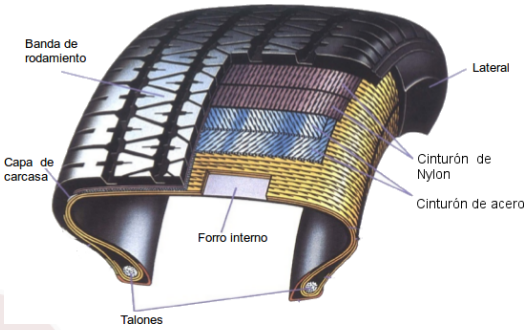


Figura 1: Secciones que componen un neumático.

Fuente: Mark *et al* [1].

Lateral: Es el componente que une el hombro y la banda de rodamiento con el talón del neumático. Cumple la función de proteger la carcasa contra la humedad o la fricción mientras soporta el acto repetido de flexión y estiramiento (extensión y contracción) mientras conduce. Además, se utiliza para desplegar información importante de las características del neumático, como la marca, dimensiones, el número de fabricación, indicaciones de seguridad, entre otros.

Cinturones de acero: Pueden resistir las tensiones de giro y no se expanden debido a la rotación del neumático. También son lo suficientemente flexibles como para absorber las deformaciones causadas por baches y otros obstáculos en la carretera. Contribuyen significativamente a la resistencia del neumático.

Cinturón de nailon: Importante capa de seguridad, reduce el calentamiento por fricción y ayuda a mantener la forma del neumático cuando se conduce a alta velocidad. Para evitar el estiramiento centrífugo del neumático, los cables con base de nailon reforzado están incrustados en una capa de caucho y se colocan alrededor de la circunferencia del neumático.

Talones: Se sujetan firmemente contra el rin del neumático para garantizar un ajuste hermético, manteniéndolo correctamente asentado en el rin. Cada cable puede llevar una carga de hasta 3.968 libras sin riesgo de rotura. Se colocan dos en cada neumático.

2. Proceso de manufactura del neumático

El proceso de manufactura consiste de varias etapas, primero se preparan cada una de las estructuras individuales que conforma al neumático. Posteriormente, cada uno de los componentes son ensamblados consecutivamente, en un orden específico, para formar la estructura base o neumático verde. Finalmente, el producto es sometido a un proceso de vulcanización, donde la presión y la temperatura transforman la goma en un material resistente e indeformable, obteniendo el producto final.

Preparación de la goma

En esta fase se mezclan el caucho natural y las gomas sintéticas junto con los aditivos de proceso, agentes vulcanizantes y de reforzamiento, formando una sustancia homogénea y uniformemente dispersa.

El fluido se hace pasar por un sistema de dos rodillos para formar láminas de goma, que luego de enfriarse, son almacenadas para ser procesadas en las diferentes operaciones de extrusión y calandrado, según el componente que se vaya a elaborar.

Cada componente del neumático (banda de rodamiento, forro interno, carcasa, etc.) tiene una composición de polímeros diferente de acuerdo con las propiedades requeridas para el mismo [1], por lo que cada lote de goma mezclada alimenta un proceso diferente y se emplea para elaborar un componente particular

Elaboración de los componentes individuales

Tabla 1: Proceso de elaboración según el componente individual

Componente	Proceso
Banda de rodamiento Lateral	Extrusión
Banda de cuerpo Cinturón Forro interno	Calandrado
Pestañas Talones	Conformado del Talón

Los componentes de un neumático están divididos en tres clases según el proceso de fabricación: calandrado, extrusión y construcción de talones, como se muestra en la Tabla 1.

Extrusión

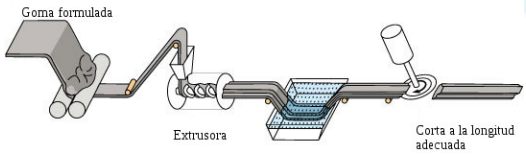


Figura 2: Esquema general del proceso de extrusión de la goma, para la elaboración de la banda de rodamiento y laterales del neumático.

Fuente: http://fleetsolution-mea.com/.

Las extrusoras consisten en un barril donde el compuesto mezclado es empujado hacia adelante por un tornillo especialmente diseñado, hacia una matriz donde se moldea el perfil del compuesto según el diseño del componente [2], como puede apreciarse en la Figura 2. La lámina moldeada es transportada a un sistema de enfriamiento por inmersión en agua antes de dirigirse a la cortadora, donde se le da el tamaño definido.

Calandrado

El calandrado es la operación de conformación donde el compuesto de caucho se extiende uniformemente sobre un tejido convencional o metálico, para formar la banda de cuerpo y los cinturones estabilizadores, respectivamente. La calandra es una máquina equipada con tres o más rodillos de acero cromado que giran en direcciones opuestas como se observa en el esquema representativo de la elaboración de cinturones en la Figura 3. La tela o el alambre, pasan a través de los rodillos de la calandra, aplicando el compuesto de goma por encima y por debajo, para cubrir completamente el material, formando una lámina compuesta [1], que posteriormente es cortada al tamaño definido por el diseño del neumático.

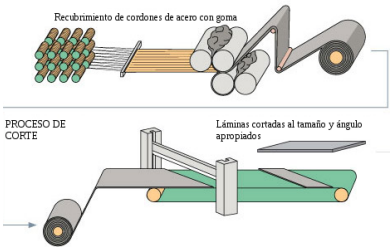
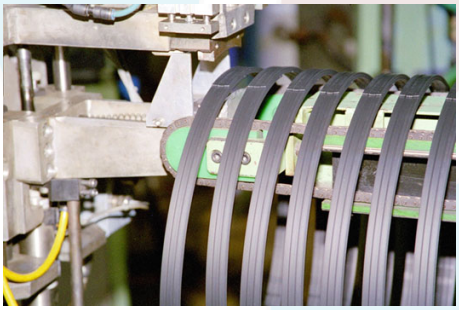


Figura 3: Calandrado de la goma con hilos de acero.

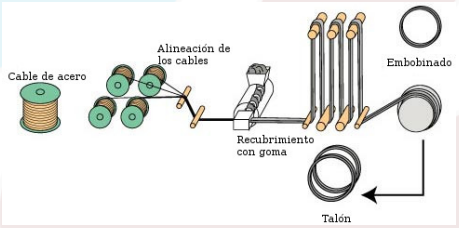
Fuente: http://fleetsolution-mea.com/.

Conformado de talones



(a) Talones de neumático

Fuente: Leister [2]



(b) Representación esquemática del proceso de conformado del talón

Fuente: http://fleetsolution-mea.com/

Figura 4: Conformación de talones.

El componente de talón del neumático es un bucle compuesto no extensible como el que se muestra en la Figura 4 (a), que ancla las capas de la carrocería y bloquea el neumático en el conjunto de la rueda para que no se resbale ni golpee el rin (llanta). El bucle de alambre de talón está hecho de un alambre de acero continuo cubierto por caucho y enrollado alrededor con varios bucles continuos. El relleno está fabricado con un compuesto de caucho muy duro, que se extruye para formar una cuña [2]. El bucle de alambre del talón y el relleno del talón se ensamblan en una máquina como la esquematizada en la Figura 4 (b).

Ensamblado del neumático verde

Todos los componentes del neumático, es decir, las piezas extruidas, las capas y las bandas calandradas y los talones que se observan en la Figura 1, se ensamblan en la máquina de fabricación de neumáticos, uniendo consecutivamente los componentes y materiales utilizados a la prensa de moldeo.



(a) Carcasa elaborada en la primera etapa de ensamblado, constituida por el forro interno, la tela de cuerpo, el forro del talón, los talones y capas laterales



(b) Neumático verde

Figura 5: Ensamblado del neumático verde.
Fuente: Castro [3]

El ensamblado se realiza en dos etapas: primero se elabora la carcasa, mostrada en la Figura 5 (a) [3], mediante la aplicación consecutiva del forro interno, la tela de cuerpo, el forro del talón, los talones y capas laterales, sobre el tambor plegable. Posteriormente, la estructura se transfiere a una máquina de la segunda etapa, donde se incorporan los cinturones estabilizadores y la banda de rodamiento, para posteriormente darle el tamaño y forma final al neumático verde mostrado en la Figura 5 (b) [3].

Vulcanización

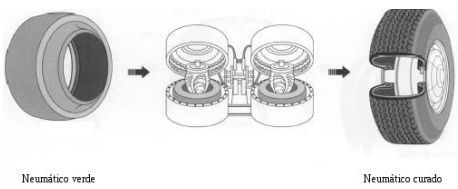


Figura 6: Representación esquemática del proceso de vulcanización.
Fuente: Castro [3].

La vulcanización es un proceso físico–químico donde la goma que conforma el neumático verde, mediante la aplicación de alta temperatura en un molde a presión, forma una red reticular por acción del sistema químico agregado en la etapa de mezcla, generando un material de mayor elasticidad y menor plasticidad. El proceso aumenta la fuerza retráctil y reduce la cantidad de deformación permanente residual, para formar el elemento fuerte y resistente que constituye la goma del neumático [1]. Para ello, se coloca dentro de un molde metálico con forma de almeja, que se abre para revelar un globo grande y flexible llamado vejiga. El neumático verde cubre la vejiga y, a medida que se cierra la cubierta del molde, la vejiga se llena con vapor a una

temperatura hasta de 280 °C, expandiéndose y forzando al componente de goma a fluir hacia la forma del molde para dar un diseño a la banda de rodadura y el grosor deseado a la pared lateral, como muestra la Figura 6.

Durante el proceso de vulcanización, todos los componentes del neumático se unen de una manera no desmontable, obteniendo el producto final para comercialización como el que se muestra en la Figura 7 [2].



Figura 7: Neumático vulcanizado.
Fuente: Leister [2].

3. Control de Calidad

En la etapa final, se realiza una exhaustiva inspección visual y sensorial al producto. La inspección visual la realiza un operador especialmente entrenado para ello, donde se busca cualquier defecto, ranura o imperfección del material. Seguidamente se pasa a la evaluación sensorial conducida por equipos computarizados donde se mide de forma precisa el diámetro y ancho del neumático, se realizan pruebas de desempeño como el balance y fuerza de salida, finalizando con un análisis de Rayos X que permite garantizar que los componentes del neumáticos fueron ensamblados correctamente [2].

Referencias

[1] J.E. Mark, B. Erman, and M. Roland. *The science and technology of rubber.* 4 edition, 2013.

[2] G. Leister. *Passenger Car Tires and Wheels.* Springer International Publishing AG, Wiesbaden, 2018.

[3] G. Castro. *Materiales y compuestos para la industria del neumático.* Facultad de Ingenieria Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2008.

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

López et al., Vol. 5, Nº 15, 53–55, agosto, 2019.

Dissemination Article: Technologies for the recycling of fluorescent lamps and bulbs

Maybel López, Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva,* Magaly Henríquez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación,
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Summary

Due to their efficiency and reduced energy consumption, fluorescent lamps and bulbs are used in communities, industries, shops and institutions; consequently mass generation of waste once its useful life has ended. Not being treated properly and because of its mercury content, waste is considered dangerous and a risk to public health and the environment. Worldwide there are multiple technologies for recycling these devices, allowing to recover glass, metals and fluorescent powder. Through a primary and secondary treatment; that goes from the dismantling of the devices to the recovery of the mercury present in them.The recycling of the luminaires allows to extract elements of economic interest such as: rare earths, yttrium (Y), europium (Eu), lantano (La), cerio (Ce) and terbium (Tb).
Keywords: Fluorescent lamps, recycling technologies, primary treatment, secondary treatment, mercury, rare earths.

Artículo de divulgación: Tecnologías para el reciclaje de las lámparas y bombillos fluorescentes

Resumen

Debido a su eficiencia y reducido consumo de energía, las lámparas y bombillos fluorescentes, se utilizan en comunidades, industrias, comercios e instituciones; en consecuencia masificándose la generación de residuos una vez culminada su vida útil. Al no ser tratados de forma adecuada y por su contenido de mercurio, los residuos son considerados peligrosos y un riesgo para la salud pública y el ambiente. A nivel mundial existen múltiples tecnologías para el reciclaje de estos dispositivos, permitiendo recuperar vidrio, metales y polvo fluorescente. A través de un tratamiento primario y secundario; que va desde el desmantelamiento de los dispositivos hasta la recuperación del mercurio presente en ellos.El reciclaje de las luminarias permite extraer elementos de interés económico como: tierras raras, itrio (Y), europio (Eu), lantano (La), cerio (Ce) y terbio (Tb).
Palabras claves: Lámparas fluorescentes, tecnologías para reciclaje, tratamiento primario, tratamiento secundario, mercurio, tierras raras.

Las lámparas fluorescentes son dispositivos de descarga que generan luz mediante radiaciones energéticas producidas por electrones en movimiento a través de vapor de mercurio (Ver Figura 1) [1]. Proporcionan un ahorro del 60 %-75 % de energía en comparación con las incandescentes, por tal razón,

*Autor para correspondencia: S. Villanueva e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

el uso de estas luminarias se a popularizado, ocasionando un aumento masivo de residuos peligrosos, que de no recibir un manejo adecuado pueden presentar un riesgo para la salud pública y el ambiente. Las mismas originalmente eran consideradas y tratadas como residuos domiciliarios, por lo que su disposición se realizaba en rellenos sanitarios y botadores a cielo abierto, propiciando la ruptura incontrolada de estos dispositivos y liberando mercurio al ambiente, afectando los cuerpos de agua superficial y subterránea, el suelo, el aire y a los seres vivos [2]. Por esta razón, el presente artículo busca ofrecer un estudio de las tecnologías para la recuperación, reuso, reciclaje y/o disposición final de las lámparas y bombillos fluorescentes desgastados; como medidas mitigantes y correctivas que permitan garantizar la calidad de vida de las comunidades.

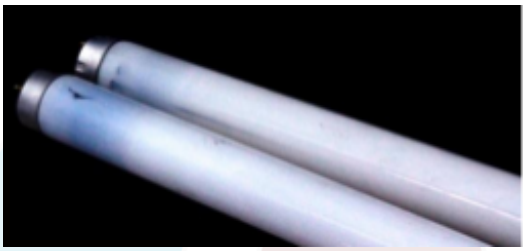


Figura 1: Lámparas fluorescentes [3].

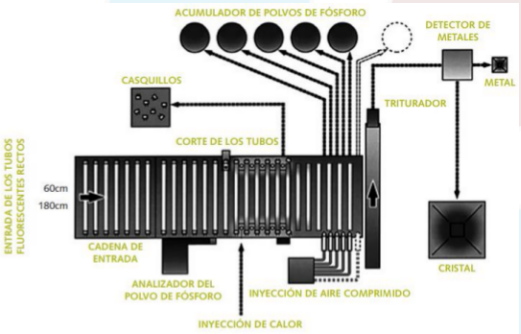


Figura 2: Proceso de reciclaje para las lámparas fluorescentes [2].

Las personas pueden estar expuestas al vapor de mercurio que es liberado al romperse una lámpara fluorescente. Sin embargo, el mayor riesgo se presenta con los millones de luminarias que son dispuestas de forma inadecuada, y que pueden provocar una acumulación significativa de mercurio en el ambiente [3]. El mercurio presente en los ecosistemas acuáticos se transforma en metilmercurio, que se acumula en los organismos y se biomagnifica al pasar a través de la cadena trófica, ocasionando efectos adversos en las comunidades marinas hasta llegar al ser humano que consume estos organismos [4]. Los efectos adversos del mercurio en peces, aves y mamíferos abarcan desde la disminución de la capacidad reproductiva, deterioro del crecimiento y anormalidades de desarrollo y de conducta, hasta la muerte. Mientras que en la salud humana, el metilmercurio puede provocar efectos perjudiciales en el cerebro, riñones y especialmente al sistema nervioso en desarrollo, fetos e infantes. Para 1990 la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) emitió la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos mediante la cual se identificó a las lámparas fluorescentes caducadas como desechos peligrosos por su contenido de mercurio y otros elementos de igual naturaleza; recomendando se realicen manejos estrictos y rigurosos para su tratamiento y disposición final.

El reciclaje de estos dispositivos se clasifica en dos partes: Un tratamiento primario, que consiste en el desmantelamiento de las lámparas, dando como resultado tres residuos: vidrio triturado, componentes metálicos y polvo fluorescente, que deberán ser tratados con otra técnica a fin de recuperar el mercurio presente en ellos [2]. Finalizada la primera fase de separación, se realiza un tratamiento secundario utilizando tecnologías para recuperar, extraer o estabilizar el mercurio contenido en los residuos. Con la intención de reducir su peligrosidad y permitir su re-valoración integrándolo al proceso productivo de nuevos materiales. Estas tecnologías se clasifican en térmicas, solidificación/estabilización y químicas. La Figura 2 muestra un esquema que describe de forma sencilla el reciclaje.

Además del mercurio, existen otros elementos de gran importancia económica que se pueden extraer de estos dispositivos como: las tierras raras, aluminio, antimonio, arsénico, bario, cromo, galio, cobre, hierro, plomo, níquel, fósforo, plata, tungsteno y zinc [5]. Destacando las tierras raras no solo por su papel en la industria informática (civil y militar), sino también en los diferentes sistemas de generación de energías renovables, así como en la fabricación de armamento y material militar (Ver figura 3) [6]. En caso de no reciclar o reutilizar estos residuos, se deben disponer mediante técnicas que permitan su tratamiento de forma eficiente y ecológicamente segura, como lo son las celdas de seguridad, o en su defecto realizar los trámites necesarios para su transfronterización hacia países que lleven a cabo el tratamiento requerido.

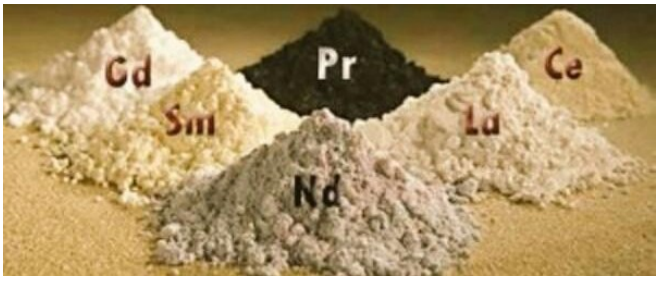


Figura 3: Tierras raras por Orlando Torricelli.

El reciclaje es una de las alternativas más óptimas para tratar estos residuos, implementando la estrategia de cero residuos y una economía circular como política ambiental. Iniciativa que constituye al primer paso para el desarrollo de procesos eficientes, que permita su aprovechamiento y beneficio desde varios puntos de vista, el económico, mediante las reutilización de residuos como el vidrio, metales y polvo fluorescente; para su comercialización o reutilización en la generación de nuevos productos; el ambiental, minimizando la contaminación de los ecosistemas acuáticos y terrestres producida por la liberación del mercurio presente de las lámparas rotas en los sitios de disposición final; y el social, mitigando el riesgo en la salud pública por los efectos negativos del mercurio en el ambiente al utilizar estos dispositivos.

Referencias

[1] F. Martinez-Dominguez. *Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales*. Paraninfo, Madrid, España, 2003.

[2] K. Montenegro and A. Nicolalde. Diagnostico y evaluacion experimental del trataniento de lamparas fluorescentes mediante el equipo BALCAN modelo FSL 110 en INCINEROX CÍA. LTDA. Distrito Metropolitano de Quito. Tesis de grado, Universidad Central Del Ecuador,Facultad de Ingeniería en Geologia, Minas, Petróleos y ambiente, Ecuador, Noviembre 2012.

[3] M. Mancebo del Castillo-Reyes. Propuesta de manejo de residuos de lámparas ahorradoras en la uam azcapotzalco. Proyecto tecnológico, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Azcapotzalco, Azcapotzalco, México, Noviembre 2014.

[4] J. Remberto-Mejía, S.Martínez-Gómez, and J.Hernández-Miranda. Análisis del tratamiento y nivel de contaminantes por lámparas fluorescentes en el salvador. *Entorno*, (59):97–110, Agosto 2015.

[5] L. Seong-Rin, D.Kang, O.A. Ogunseitan, and M.J. Schoenung. Potential environmental impacts from the metals in incandescent, compact fluorescent lamp (CFL), and light-emitting diode (LED) bulbs. *Enmviromental Science technology*, 47(2):1040–1047, Diciembre 2012.

[6] G. Sirvent-Zaragoza. El Mercado de "Tierras Raras": Un Mercado Estrategico. *Boletín electrónico del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 72:1–15, 2012.

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Isea y Lonngren, Vol. 5, Nº 15, 56–60, agosto, 2019.

Non–trivial solution of a differential equations system for the tuberculosis transmission dynamics

Raúl Isea[1]*, Karl–E. Lonngren[2]
[1]Fundación Instituto de Estudios Avanzados, Hoyo de la Puerta, Baruta, Venezuela,
[2]Department of Electrical and Computer Engineering, University of Iowa, Iowa City, USA.

Abstract

We obtain a non–trivial solution of a system of seven differential equations that describe the transmission dynamics of Tuberculosis (TB). This model considers a susceptible population that can be infected with two types of TB, i.e., those infected with typical TB and others with TB that is resistant to antibiotics. We include the population that can be vaccinated. We obtain the critical point of the system and the five eigenvalues from the evaluation of the Jacobian matrix at this nontrivial critical point.
Keywords: tuberculosis; differential equations; eigenvalues, critical point; transmission dynamics.

Solución no–trivial de un sistema de ecuaciones diferenciales que explica la dinámica de transmisión de la Tuberculosis

Resumen

El trabajo presenta una solución no trivial de un sistema de siete ecuaciones diferenciales que describen la dinámica de transmisión de la tuberculosis (TB). Este modelo considera una población susceptible que puede infectarse con dos tipos de TB diferentes, es decir, aquellas infectadas con la TB tradicional, y otra que es resistente a los antibióticos. El modelo incluye a la población que puede ser vacunada. Gracias a ello, se obtiene un punto crítico del sistema y cinco valores propios de la evaluación de la matriz Jacobiana en este punto crítico no trivial, que nos pueden ayudar a diseñar campañas de vacunación para erradicar esta enfermedad.
Palabras clave: tuberculosis; ecuaciones diferenciales; autovalores; punto crítico; dinámica.

Recibido: mayo, 2019,
Aceptado: junio, 2019.
Autor para correspondencia: R. Isea e–mail: raul.isea@gmail.com

1 Introduction

Tuberculosis (TB) is one of the ten infectious diseases that affect humans around the world. According to World Health Organization (WHO) data, it has been estimated that 1.3 million people died from TB in 2017. It is estimated that one third of the world's population is infected with this disease [1]. One of the causes of the increase in TB cases is the weakening of the immune system associated with HIV [2], and for this reason the WHO has proposed the eradication of the TB epidemic by the year 2030, and reducing the incidence rate by 90% by 2035 [2].

TB is caused by the bacterium Mycobacterium tuberculosis that is transmitted by air through the inhalation of droplets introduced into the atmosphere by infected individuals when coughing or talking which would affect the lungs. Once a person is infected by the bacteria, a granuloma

forms. This is an aggregate of immune cells that surrounds the mycobacterium and the individual is unable to eliminate it. As a result, the disease becomes latent and the person is at risk for activating the disease. Only 10% of the population is able to activate the disease [3]. However, Davis and Ramakrishnan have suggested that the granulomas probably favor the disease instead of containing it [3].

On the other hand, bacillus Calmette–Guérin (BCG) is a vaccine that has been used against TB. At the present time, this vaccine is infrequently used in the United States. It is given to infants and young children in countries where TB is common although BCG does not always protect adults against this disease.

In the lung, the first line of defense is activated when bacteria are phagocytosed by alveolar macrophages that induce an inflammatory response leading to the formation of the granuloma. However, this process also generates a negative effect in that other types of chemical substances may help in the creation of new cancer cells.

In view of this, several mathematical models have been proposed to explain this behavior. The previous mathematical models only consider a solution where the critical points are almost all zero [4]–[8]. The analysis and the discussion are based upon a calculation of the Basic Reproduction Number (R_0) which is characterized by not obtaining all the critical points of the system of differential equations.

In this work, we obtain a non–trivial solution that has not been previously considered in the scientific literature and include the population that is susceptible to receiving the vaccine.

2 Material and methods

The model that is studied in this paper consists of solving a system of seven ordinary differential equations. This model has been based on the SEIRS model for TB, where the susceptible individuals are exposed to two classes of infections (typical and resistant strains) of TB. This model is based on the published papers [4]–[8].

The model that is considered in this paper assumes that the susceptible population (S) consists

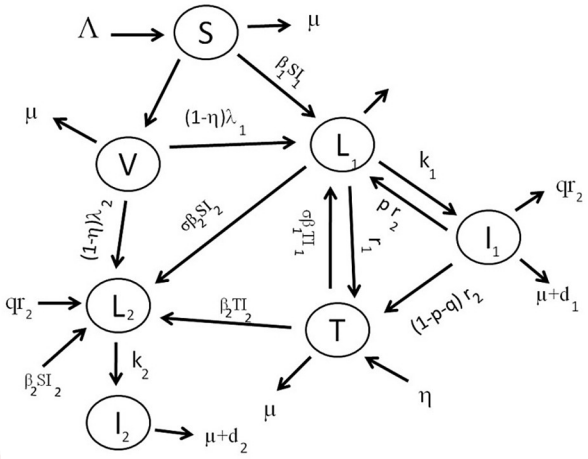


Figure 1: Compartmental model for the transmission dynamics of Tuberculosis.

of two types of latent individuals which can be infected. The group that succumbs to the typical strain of TB (L_1) and the group that succumbs to the resistant strain TB (L_2). The infected individuals are defined as I_1 and I_2. Vaccinated individuals (V) and individuals receiving treatment (T) are considered (see Figure 1).

The proposed mathematical model describing this system is given in the set of Ordinary Differential Equations 1

$$\begin{aligned}
\frac{dS}{dt} &= \Lambda - cS\left(\beta_1 I_1 + \beta_2 I_2\right) - (\mu+\varepsilon)\,S,\\
\frac{dV}{dt} &= \varepsilon S - (\mu+\eta)V,\\
\frac{dL_1}{dt} &= \eta V\lambda_1 - (k_1+r_1+\mu)\,L_1 + pr_2 I_1\\
&\quad -\beta_2 c L_1 I_2 + \beta_1 c I_1\left(S+\sigma T\right),\\
\frac{dL_2}{dt} &= \eta V\lambda_2 + \beta_2 c I_2\left(L_1+S+T\right)\\
&\quad +qr_2 I_1 - L_2\left(k_2+\mu\right),\\
\frac{dI_1}{dt} &= k_1 L_1 - (r_2+d_1+\mu)\,I_1,\\
\frac{dI_2}{dt} &= k_2 L_2 - (d_2+\mu)\,I_2,\\
\frac{dT}{dt} &= r_1 L_1 + (1-p-q)\,r_2 I_1\\
&\quad +(1-\lambda_1-\lambda_2)\,V\\
&\quad -cT\left(\beta_2 I_2 + \sigma\beta_1 I_1\right) - \mu T,
\end{aligned} \tag{1}$$

where we have used the definition of the variables

Table 1: Parameter identification in the TB model

Λ	Constant recruitment rate,
β_1	Average proportions of susceptible individuals infected,
β_1	Average proportion of individuals infected by one resistant–TB infectious,
c	Per–capita contact rate,
μ	Per–capita natural death rate,
ε	Average proportions of vaccinated individuals,
η	Proportion of vaccinated individuals who did not complete their treatment,
k_1	Rate at which individuals leave the latent class,
k_2	Rate at which individuals leave the resistant–TB class,
r_1	Per-capita treatment rates for latent individuals,
r_2	Per-capita treatment rates for infectious individuals,
p	Proportion of treated infectious individuals who did not complete their treatment (latent class),
q	Proportion of treated infectious individuals who did not complete their treatment (resistant–TB),
λ_1	Proportion of vaccinated individuals (latent class),
λ_1	Proportion of vaccinated individuals (resistant–TB class),
σ	Proportion of treatment individuals become infected who did not complete their treatment,
d_1	Per–capita disease induced death rate by I_1,
d_2	Per-,capita disease induced death rate by I_2.

and constants that were defined previously [6, 7] as can be seen in Table 1. However, we include two new constant called λ_1 and λ_2 which represent the total proportion of the vaccinated individuals of the two classes L_1 and L_2. These values are positive constants between 0 and 1 which is similar to the constants p and q defined in [6, 7].

3 Results and Discussion

A non–trivial critical point obtained from this differential equation according to the procedure employed previously [9]-[12] is presented in the Equations 2–8

$$S^\star = \frac{\Lambda}{A_2}, \tag{2}$$

$$V^\star = S^\star \frac{\varepsilon}{(\mu+\eta)}, \tag{3}$$

$$L_1^\star = V^\star \frac{\lambda_2 \eta A_0}{A_5}, \tag{4}$$

$$I_1^\star = L_1^\star \frac{k_1}{A_0}, \tag{5}$$

$$L_2^\star = -V^\star \frac{\eta(d_2+\mu)[\lambda_2 A_5 + k_1 r_2 \lambda_1 q]}{[\beta_2 c k_2 (T^\star + S^\star + L_1^\star) - A_4]\, A_5}, \tag{6}$$

$$I_2^\star = L_2^\star \frac{k_2}{d_2+\mu}, \tag{7}$$

$$T^\star = \frac{\varepsilon \Lambda N_0}{den}, \tag{8}$$

where

$$den = k_1 N_3(\sigma T^\star + S^\star) - N_1 A_1 - N_2(T^\star + S^\star + L_1^\star) + N_4.$$

In order to simplify these equations, we have defined the expressions given in the Equations 9–19

$$A_0 \equiv r_2 + \mu + d_1; \tag{9}$$

$$A_1 \equiv \beta_2 c I_2^\star + k_1 + r_1 + \mu; \tag{10}$$

$$A_2 \equiv c\beta_1 I_1^\star + c\beta_2 I_2^\star + \mu + \varepsilon; \tag{11}$$

$$A_3 \equiv \beta_1 c k_1 \sigma T^\star + S^\star + p k_1 r_2; \tag{12}$$

$$A_4 \equiv (k_2+\mu)(d_2+\mu); \tag{13}$$

$$A_5 \equiv A_1 A_0 - A_3; \tag{14}$$

$$N_0 \equiv [\beta_2 c k_2 (T^\star + S^\star + L_1^\star) - A_4] \cdot (1-\lambda_1-\lambda_2)(A_1+A_3) + k_1 \eta r_1 A_0 + \lambda_1 p r_2 (1-p-q), \tag{15}$$

$$N_1 \equiv A_0 A_2 (\mu+\eta)\mu \cdot [A_4(\mu+\varepsilon) - \beta_2 c k_2 (T^\star + S^\star + L_1^\star)] + \beta_2 c \varepsilon \lambda_2 k_2 A_2 \eta \Lambda; \tag{16}$$

$$N_2 \equiv \beta_2 c k_2 \mu(\mu+\eta) A_2 A_3 - \beta_1 \beta_2 c^2 \varepsilon k_1 k_2 \eta \lambda_1 \Lambda; \tag{17}$$

$$N_3 \equiv \beta_1 c \mu A_4 (\mu+\eta) A_2 - \beta_1 \beta_2 c^2 \varepsilon k_2 \eta \lambda_2 \Lambda; \tag{18}$$

$$N_4 \equiv A_4 [\beta_1 c \varepsilon \lambda_1 \eta \sigma \Lambda - \mu(\mu+\eta) p r_2 A_2] + r_2 \beta_2 c \varepsilon k_2 \eta \Lambda (\lambda_1 q - \lambda_2 p). \tag{19}$$

The next step is to evaluate the Jacobian matrix (J) at the critical point derived before and we obtained $(S^\star, V^\star, L_1^\star, L_2^\star, I_1^\star, I_2^\star)$ where we are using the following notation for the terms of the Jacobian matrix defined as

$$J = \begin{pmatrix} J_{11} & \cdots & J_{17} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{71} & \cdots & J_{77} \end{pmatrix}.$$

The terms that are different from zero in Jacobian

Isea y Lonngren, Vol. 5, Nº 15, 56–60, agosto, 2019.

Table 2: Eigenvalues $\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2, \mathcal{L}_3, \mathcal{L}_4, \mathcal{L}_5$ obtained from the matrix Jacobian

$$
\begin{aligned}
\mathcal{L}_1 &= -(\mu+\eta),\\
\mathcal{L}_2 &= -\frac{1}{2}\sqrt{3\beta_2 c k_2\left(S^\star+T^\star+L_1^\star\right)+\left(k_2-d_2\right)} \\
&\quad -\frac{2\mu+r_2+k_2}{2},\\
\mathcal{L}_3 &= -\frac{1}{2}\sqrt{4k_1\left[\beta_1 c\left(S^\star+\sigma T^\star\right)+r_2 p\right]+\left(\beta_2 c I^\star+k_1+r_1-r_2-d_2\right)^2} \\
&\quad -\frac{\beta_2 c I_2^\star+r_2+r_1+2\mu+d-1+k_1}{2},\\
\mathcal{L}_4 &= \frac{1}{2}\sqrt{4\beta_2 c k_2\left(S^\star+T^\star+L_1^\star\right)+\left(k_2-d_2\right)} \\
&\quad +\frac{2\mu+r_2+k_2}{2},\\
\mathcal{L}_5 &= \frac{1}{2}\sqrt{4k_1\left[\beta_1 c\left(S^\star+\sigma T^\star\right)+r_2 p\right]+\left(\beta_2 c I^\star+k_1+r_1-r_2-d_2\right)^2} \\
&\quad +\frac{\beta_2 c I_2^\star+r_2+r_1+2\mu+d-1+k_1}{2}.
\end{aligned}
$$

matrix are

$$
\begin{aligned}
J_{11} &= -(c\beta_1 I_1+c\beta_2 I_2+\mu+\varepsilon);\\
J_{21} &= \varepsilon;\\
J_{22} &= -(\mu+\eta);\\
J_{32} &= \lambda_1\eta;\\
J_{33} &= -(c\beta_2 I_2+k_1+r_1+\mu);\\
J_{37} &= c\beta_1(\sigma T+S)+pr_2;\\
J_{42} &= \lambda_2\eta;\\
J_{44} &= -(\mu+k_2);\\
J_{45} &= c\beta_2(T+S+L_1);\\
J_{54} &= k_2;\\
J_{55} &= -(\mu+d_2);\\
J_{62} &= (1-\lambda_2-\lambda_1);\\
J_{63} &= r_1;\\
J_{66} &= -(c\beta_1 I_1+c\beta_2 I_2+\mu);\\
J_{73} &= k_1;\\
J_{74} &= qr_2;\\
J_{77} &= -(r_2+\mu+r_1).
\end{aligned}
$$

Finally, we obtain the eigenvalues which help to understand what the conditions are where this system is stable. We can calculate we calculate five eigenvalues given in the Table 2.

The first three eigenvalues are negative independent values of the constant, and therefore we have three stable points.

4 Conclusion

The present paper presents a nontrivial solution of the transmission dynamics of TB model where we consider a solution that has not been previously considered. This solution can help us to design of vaccination strategies in the future, but it is necessary include the results of vaccination campaigns to adjust the parameters of the model in a specific place and time. This point will be resolved in an upcoming work.

References

[1] WHO. Global tuberculosis report 2018. Technical report, World Health Organization 2018, Geneva, 2018.

[2] N.F. Walker, G. Meintjes, and R.J. Wilkinson.

The role of b cells and humoral immunity in mycobacterium tuberculosis infection. *Seminars Immunology*, 26(6):588–600, 2014.

[3] E.J. Rubin. The granuloma in tuberculosis – friend or foe? *The New England Journal of Medicine*, 360:2471–2473, 2009.

[4] S. Khajanchi, D. Kumar-Das, and T. Kumar-Kar. Dynamics of tuberculosis transmission with exogenous reinfections and endogenous reactivation. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 497:52–71, 2018.

[5] S. Bowong and J. Jules-Tewa. Mathematical analysis of a tuberculosis model with differential infectivity. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 14(11):4010–4021, 2009.

[6] C. Castillo-Chavez and Z. Feng. To treat or not to treat: the case of tuberculosis. *Journal of Mathematical Biology*, 35(6):629–656, 1997.

[7] Z. Feng, C. Castillo-Chavez, and A.F. Capurro. A model for tuberculosis with exogenous reinfection. *Theoretical Population Biology*, 57(3):235–247, 2000.

[8] C.J. Silva and D.F.M. Torres. *in Bourguignon JP., Jeltsch R., Pinto A., Viana M. (eds) Dynamics, Games and Science, International Conference and Advanced School Planet Earth, DGS II, Portugal, August 28–September 6, 2013*, volume 1 of *CIM Series in Mathematical Sciences*, chapter Optimal Control of Tuberculosis: A Review, pages 701–722. Springer, Lisboa, Portugal, 2015.

[9] R. Isea and K.E. Lonngren. A preliminary mathematical model for the dynamic transmission of dengue, chikungunya and zika. *American Journal of Modern Physics and Application*, 3(2):11–15, 2016.

[10] R. Isea and K.E. Lonngren. A new variant of the SEIZ model to describe the spreading of a rumor. *International Journal of Data Science and Analysis*, 3(4):28–33, 2017.

[11] R. Isea and K.E. Lonngren. On the mathematical interpretation of epidemics by Kermack and McKendrick. *General Mathematics Notes*, 19(2):83–87, 2013.

[12] R. Isea and K.E. Lonngren. A mathematical model of cancer under radiotherapy. *International Journal of Public Health Research*, 3(6):340–344, 2015.

Production of ethanol from fruit waste by alcoholic fermentation

Norbelis Freitez[1]*, María Elena Vasquez[1], Carmen González[1] y Daunarima Renaud[2]
[1]Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre – UNEXPO, Barquisimeto, Venezuela
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – INIA, Núcleo Lara, Barquisimeto, Venezuela

Abstract

The objective of this research is the evaluation of obtaining ethanol by alcoholic fermentation of the extraction waste of essential oil of orange (*D-limonene*), for this fermentations of waste were carried out at different times of extraction of essential oil of orange, and fermentations of samples of the wastes brought to 10º Brix of concentration; used as yeast, Sacharomyces cerevisiae for 48 hours. A simple distillation and subsequent analysis of ethanol was carried out by means of UV-visible spectroscopy using the potassium dichromate method. Reporting concentrations from 2.1º Brix to 40 min and from 19º Brix to 160 min of oil extraction which shows that the extraction process favors the disposition of fermentable sugars. At the same time alcohol concentrations of 1.39 % at 0 min and up to 17.92 % were obtained at 160 min of oil extraction, with yields of 5.46 % and 41.58 % in each case, evidencing the importance of remove the essential oil to promote fermentation. Concluding that the best waste to produce ethanol is the glucose syrup from the extraction by steam drag.
Keywords: fermentation; essential oil; waste; ethanol; extraction.

Producción de etanol a partir de desechos frutales mediante fermentación alcohólica

Resumen

La meta de esta investigación es evaluar la obtención de etanol por fermentación alcohólica de los desechos de extracción de aceite esencial de naranja (*D–limoneno*), para ello se llevaron a cabo fermentaciones de desechos a diferentes tiempos de extracción de aceite esencial de naranja, y fermentaciones de muestras de los desechos llevados a 10º Brix de concentración; empleándose como levadura, Sacharomyces cerevisiae durante 48 horas. Se procedió a una destilación simple y posterior análisis de etanol por medio de espectroscopia de UV–visible empleando el método de dicromáto de potasio. Reportándose concentraciones desde 2,1º Brix a 40 min y de 19º Brix a 160 min de extracción de aceite lo cual demuestra que el proceso de extracción favorece la disposición de azúcares fermentables. A su vez se obtuvieron concentraciones de alcohol de 1,39 % a 0 min y hasta 17,92 % a 160 min de extracción de aceite, con rendimientos de 5,46 % y 41,58 % en cada caso, evidenciándose la importancia de retirar el aceite esencial para favorecer la fermentación. Concluyendo que el mejor desecho para producir etanol es el jarabe glucosado proveniente de la extracción por arrastre de vapor.
Palabras clave: fermentación; aceite esencial; desechos; etanol; extracción.

Recibido: mayo, 2019;
Aceptado: julio, 2019.

Autor para correspondencia: N. Freitez e–mail: belinor2510@gmail.com.

1. Introducción

En la actualidad, la biomasa lignocelulósica y en especial los subproductos agroindustriales han dejado de ser desecho-problema, para convertirse en materia prima potencial para diversos procesos tanto de tipo agrícola como industrial, siendo la producción de etanol uno de los más importantes. Sin embargo, son muchas los limitantes que se han presentado en torno a la obtención de etanol a partir de este tipo de materiales, debido a su estructura lignocelulósica de compleja degradación.

Por ello, han surgido diversidad de trabajos e investigaciones, que abarcan distintas problemáticas y proponen alternativas de solución y aportes enormes que poco a poco han abierto el camino hacia la explotación de la biomasa lignocelulósica para este objetivo. Por tal motivo, en la presente investigación se tratan los desechos provenientes de la extracción de aceite esencial de naranja (*D–limoneno*) con el fin de evaluar el rendimiento del proceso de fermentación para la obtención de etanol con parámetros fijos que permiten realizar un aporte a los factores influyentes en dicho proceso, además se analizará el residuo de la destilación de etanol en la búsqueda de flavonoides y alcaloides a través de una marcha fitoquímica con el objeto de evaluar si los residuos de fermentación tienen potencial para usarse como inhibidores de las enfermedades de las plantas.

Así mismo, las cáscaras de naranja son un desecho generado abundantemente en el estado Lara, más específicamente, los desechos provenientes del proceso de extracción de aceite esencial (*D–limoneno*), producidos en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA) por sus estudios sobre las cualidades que tiene dicho aceite en la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos en las plantas.

Esta es la razón por la cual, dichos desechos fueron tomados en cuenta para producir etanol por fermentación alcohólica, esta investigación promueve la aplicación de procesos de reutilización para los desechos productivos, enmarcados en los principios de desarrollo sustentable exigidos por la nueva sociedad, con el fin de mejorar la calidad de vida. De la misma forma el proceso productivo que ayuda a las nuevas formas de producción agrícolas, urbana y rural que exige la nueva sociedad como es la economía sustentable, en su defecto también a nivel ambiental, es relevante ya que promueve la obtención de productos biocidas naturales aplicables en la agricultura que no son tóxicos ni afectan el equilibrio del medio ambiente, a su vez, logran disminuir la contaminación que estos pueden generar. Los desechos orgánicos como la cáscara de naranja puedan generar en su mala disposición, así como también, en el empleo de sustancias naturales para el control de plagas que no afectan el medio ambiente, tomando en cuenta lo antes mencionado, por consiguiente este tipo de investigación contribuye a mejorar la calidad de vida de la población.

El empleo de los desechos, en concreto la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), de la extracción de aceites esenciales de naranja, en la obtención de etanol a partir de la fermentación alcohólica de dichos residuos,.considerando trabajos como los de Genera [1], que señala “Se ha reconocido el uso potencial de las cáscaras de naranja en la conversión en azúcares fermentables de acuerdo a su alto contenido en pectina, celulosa y hemicelulosa, lo que facilita o promueve a la fermentación”. De la misma forma Daza [2], en su artículo “Optimizan el pre-tratamiento de cáscara de naranja para extraer etanol” señala que para la obtención de etanol a partir de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) es necesario extraer el aceite esencial que contiene propiedades que inhiben la fermentación.

Por otro lado, la obtención de etanol, y la posterior evaluación en las extracciones de metabolitos secundarios (incluyendo aceites esenciales), facilita el uso de estos compuestos como biocidas e insecticidas en el tratamiento de enfermedades de las plantas, lo que tendrá como ventajas la sustitución de agro tóxicos, que según Torres y Capote [3], en su trabajo han establecido que sólo un 0.1 por ciento de la cantidad de agro tóxicos aplicados llega a la plaga, mientras que el restante circula por el medio ambiente, contaminando posiblemente el suelo, agua y la biota, es decir son causantes de contaminación ambiental. Sumado a lo anterior, Linarez [4] en su trabajo de grado afirma que el deterioro ambiental afecta el bienestar y la calidad de vida de la población, limita sus posibilidades de desarrollo y compromete gravemente el de

las generaciones futuras. Aunque las causas del deterioro ambiental son numerosas, entre estas se destaca el generado por las basuras y su disposición final haciendo uso de desechos del proceso de extracción de aceites, sumado a esto se puede emplear esta alternativa a niveles industriales, ya sea para su aplicación en el área fitopatológica desplazando el uso de agro tóxicos los cuales generan un gasto de importación, de 73.357.007,99$ anuales o disminuyendo la importación de etanol que se encuentra estimada en 27.170.958,39$ anuales [5].

Cabe resaltar que esta investigación es una invitación al empleo de tecnologías para reducir el impacto ambiental contribuyendo con el desarrollo sostenible del país.

2. Materiales y equipos

2.1. Reactivos

Agua destilada, ácido sulfúrico 0,1 N, cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*), dicromato de potasio, sulfato de magnesio, ácido sulfúrico 1 N, etanol 70 %, ácido clorhídrico 5 % , hidróxido de sodio 2 M, nitrato básico de bismuto 8,5 %, ácido acético glacial 99,85 %, yoduro de potasio 20 %, ácido 3,5–dinitrobenzoico 3 % y hexano 99 %, levadura seca marca Mauripan.

2.2. Materiales de laboratorio

Pinza de estrangulación, beacker de 200, 600, 1000 mL, balón aforado de 25, 50 y 100 mL, pipetas volumétricas de 1, 5 y 10 mL, pizeta, frascos y envases plásticos, soporte universal, tubos de ensayos, agitador de vidrio, termómetro, matraces 500 mL, embudos de filtración, pipetas de 10 mL, probetas de 5, 10, 500, 1000 y 2000 ml, cápsulas de porcelana, papel indicador de pH, espátulas, papel de filtro, vidrio de reloj, propipetas, agitador magnético ,tapones, balón de destilación 2000 mL, condensador, claysen, mangueras, pinzas sujetadoras.

2.3. Equipos de análisis de laboratorio

- Balanza analítica.
- Balanza mecánica.
- Bioreactor: se utilizaron como reactores recipientes de vidrio con capacidades volumétrica de 4 litros y de 500 mL, respectivamente.
- Espectrofotómetro de Absorción Molecular, Marca: Spectronic Unicam Modelo: GENESIS 10UV de haz sencillo, usado a 400 nm.
- Plancha de calentamiento y agitación.
- Refractómetro de campo.
- Lámpara UV.

3. Tratamiento de la muestra

Cada ensayo tuvo una muestra representada por 300 g de cáscara de naranja y 2L de jarabe provenientes del proceso de extracción de aceite esencial a diferentes tiempos de extracción de aceite.

Para llevar a cabo los estudios requeridos de esta investigación fue necesaria la digestión,y el pre–tratamiento de la muestra, lo cual consistió en el licuado de los jarabes y las cáscaras remanentes de dicho proceso de extracción. Al resultado de este proceso se le llamó mosto. Posteriormente, se realizó la determinación de grados Brix a la preparación tomando 1mL de muestra, empleando el método refractométrico o refractometría.

Inmediatamente se llenó el recipiente con un volumen definido de 500 mililitros de sustrato preparado y se le agregó el pie de cuba , consistente en 20 g de Saccharomy cerevisiae enriquecido con 5 g de sulfato de magnesio como nutriente, para dar comienzo a la fermentación. Así mismo se añadió 1,5 L de la solución de jarabe glucosado que contiene el sustrato, a un flujo constante de 9,8 mL/min hasta alcanzar un volumen final de 2 litros. A medida que se adicionó el resto del sustrato se midió a cada hora la disminución de los grados Brix, durante 4 horas continuas con ayuda de la refractometría.

Es de hacer notar, que el etanol producido por fermentación alcohólica aeróbica no es puro en su totalidad, este posee contenido de agua sobrenadante de los medios de cultivo, por lo cual fue necesario someterlo a separaciones para aumentar su concentración, en este paso se tuvo que tomar en cuenta que el Instituto Nacional de Investigaciones (INIA) núcleo Lara no cuenta con equipos adecuados para realizar las separación, por

ello el etanol producido se sometió a un proceso de destilación simple, el cual no garantizó la total eliminación de agua y del producto. Sin embargo, el proceso se llevó a cabo calentando hasta 98° C la solución contenida balón de destilación acoplado a un condensador.

El porcentaje de rendimiento es determinado mediante la Ecuación 1

$$\%\text{Rendimiento} = \frac{Rend_r}{Rend_t} \times 100, \qquad (1)$$

donde:
$Rend_r$: El rendimiento real es la cantidad de etanol obtenido experimentalmente, para determinarla se realizó una curva de calibración para medir las concentraciones de etanol producidas en la fermentación, usando la técnica de espectroscopía UV–visible, apoyada en el método de dicromato de potasio.
$Rend_t$: El rendimiento teórico fue determinado partiendo de los grados Brix determinados por refractometría y usando la relación: 1 g de Glucosa equivale a 0,647 mL de Etanol.

4. Diseño Experimental

Para el desarrollo de la investigación fue necesario el empleo de tres diseños experimentales:

1. Diseño extracción de aceite esencia de naranja (*D-limoneno*)

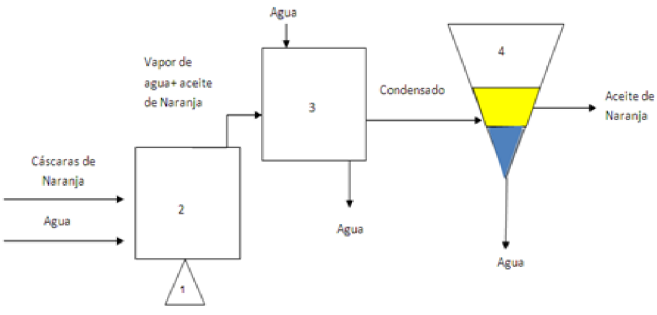


Figura 1: Extracción de aceite esencial de naranja

Como fase de preparación e la materia prima para el proceso de fermentación se realizo la extracción de aceite esencial de cascara de naranja como muestra la Figura 1 en la cual están detallados:

1. fuente de calor que se genero a partir de gas domestico y el uso de un reverbero,

2. recipiente contentivo de una malla para la disposición de las cascaras,

3. condensador con serpentín,

4. Sistema de separación de aceite e hidrolatos el cual tiene como base fundamental la decantación, en la parte superior observamos una fase orgánica aceite esencial de naranja.

2. Diseño para el proceso de fermentación

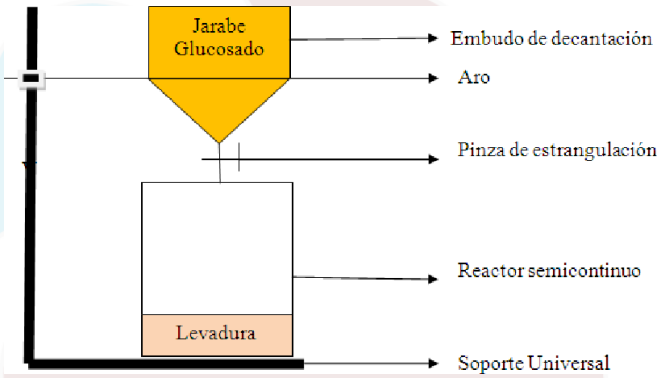


Figura 2: Proceso de fermentación de los mostos preparados en un reactor semi–continuo

Los desechos del proceso de extracción de aceite esencial de naranja (de jarabes glucosados y cáscaras), se procesaron y luego se preparó una solución con cáscaras y jarabes glucosados. Una vez hecho esto se llenó el recipiente con un volumen definido de 500 mililitros de cáscara procesada y se le agrego el pie de cuba para dar comienzo a la fermentación (ver Figura 2). Así mismo se añadió 1,5 L de la solución de jarabe glucosado que contiene el sustrato, a un flujo constante de 9,8 mL/min hasta alcanzar un volumen final de 2 litros. A medida que se adiciona el resto del sustrato se midió a cada hora la disminución de los grados Brix.

2. Diseño para el proceso de fermentación

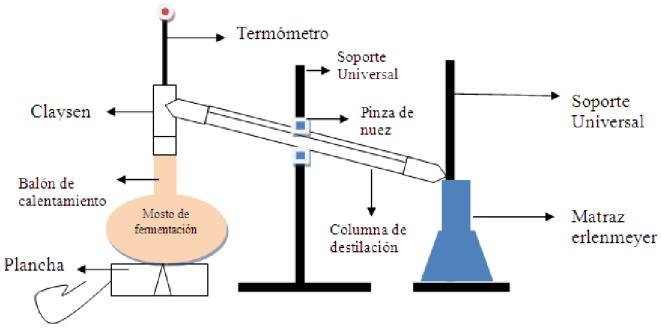


Figura 3: Proceso de destilación para la obtención de etanol (separación)

El etanol producido por fermentación alcohólica aeróbica no es puro en su totalidad, este tendrá contenido de agua sobrenadante de los medios de cultivo, por lo cual es necesario someterlo a separaciones para aumentar su concentración dicha separación se hizo a partir de una destilación simple. El proceso se llevó a cabo calentando hasta 98° C la solución contenida balón de destilación acoplado a un condensador como detalla la Figura 3.

5. Resultados y discusión

5.1. Identificación de la cantidad de azúcares fermentables en desechos provenientes de la extracción de aceite esencial de naranja (*D–limoneno*)

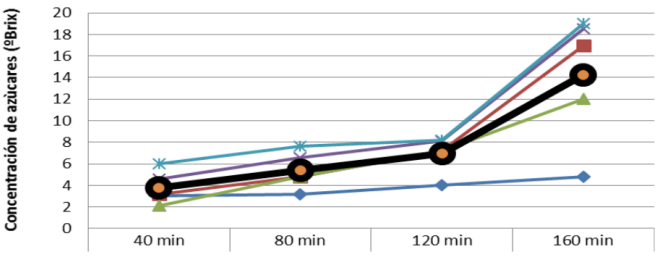


Figura 4: Gráfico de grados Brix iniciales de sustratos provenientes de diferentes tiempos de extracción

La cantidad de azúcares fermentables en desechos provenientes del proceso de extracción de aceite esencial de naranja (*D-limoneno*) ante los diferentes tratamientos aplicados se reúnen en la Figura 4.

Se observa que en relación al comportamiento del promedio de las concentraciones de azúcares tiende a aumentar con respecto al tiempo de extracción de aceite esencial. Realizando un análisis más detallado de los datos, se tiene que la menor cantidad de azúcar 3,8 grados Brix fue determinada a los 40 min de extracción de aceite, y la máxima de 14,3 grados Brix a las 160 min de extracción de aceite. En todo caso, el aumento en cuanto a dicha variable corresponde según Rodríguez [6], debido a que la exposición de las cáscaras con vapor de agua a altas temperaturas por determinados tiempos favorecen la ruptura de los enlaces de hidrogeno, hemicelulosa y celulosa, generando azúcares fermentables para obtención de etanol; por lo que se infiere que el proceso de extracción de aceite por arrastre de vapor contribuye al aumento de azúcares disponibles para la fermentación de la cáscara de naranja.

Además, la mayor cantidad de azúcares promediada fue de 14,3 grados Brix, lo que se encuentra muy cercano a los valores reportados por Rezzadori *et al.* [7] quienes señalan que la mayor cantidad de azúcares solubles presentes en la cáscara de naranja es 16,9 %, lo que corresponde a una concentración de 14,5 grados Brix en solución, sin embargo en los últimos dos bloques está cantidad es superada, ya que se midieron de valores de 18,5 grados Brix y 19 grados Brix, a los 160 min de extracción, estos resultados sobrepasan el promedio; con base a esta situación, este mismo autor señala que la cáscara de naranja posee 9,21 % de celulosa y 10,5 % de hemicelulosa, ambas azúcares se pueden convertir en fermentables por medio del tratamiento con vapor, realizando un aumento de la cantidades en cuanto al promedio.

De aquí que, luego de cada tratamiento hay un aumento de azúcares y se alcanza una mayor concentración que la expuesta anteriormente por el investigador. En el caso del bloque uno se aprecian concentraciones de azúcares muy inferiores en comparación con los demás, como lo indican Cardona *et al.* [8], "La calidad de las frutas y su desecho depende de factores como clima, altitud, tipo de suelo, cantidad de lluvias, edad de la

planta, estado fenológico, método de cultivo, época de recolección, modo de manejo y almacenamiento del material vegetal", por lo tanto, esto hace referencia a que pueden existir diferencias en las propiedades de las cáscaras, lo que estuvo fuera del alcance del investigador, debido a las razones descritas anteriormente, y es por ello que existe este comportamiento que a pesar de que se rige por el promedio, se encuentra por debajo de él.

De esta forma, se tiene que el comportamiento de las cantidades de azúcares en las cáscaras y por consiguiente jarabes glucosados con mayores cantidades de azúcares se obtienen a mayores tiempos de extracción de aceite esencial de naranja, lo cual indica que el proceso favorece y enriquece la presencia de dichos azúcares, haciendo más factible la fermentación para la obtención de etanol a partir de estos desechos.

5.2. Descripción del proceso de fermentación alcohólica de los desechos provenientes de la extracción de aceite esencial de naranja (*D-Limoneno*), en un reactor Semi-continuo y usando la levadura (*Saccharomy cerevisiae*)

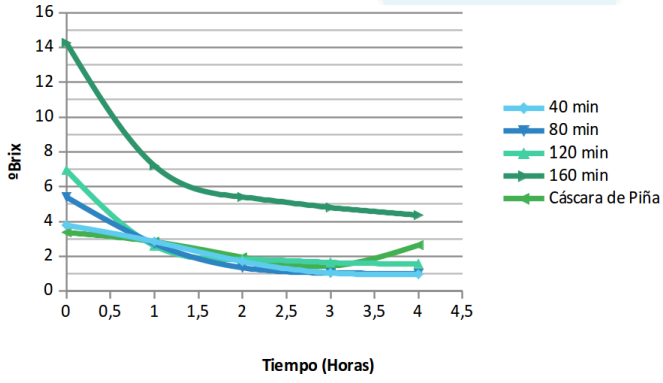


Figura 5: Gráfico de grados Brix en función del tiempo

La Figura 5 muestra cómo la cantidad de azúcares disminuye al transcurrir el tiempo del proceso de fermentación lo que se traduce que dichos azúcares fueron consumidos por la levadura para la formación de etanol, siguiendo la reacción

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{Levadura} 2C_5H_5OH + 2CO_2.$$

Observándose en todos los tiempos una disminución similar en el consumo de azúcares. En comparación con el seguimiento de la fermentación de la cáscara de piña realizada por Gutiérrez y Martínez [9], se observa que la conversión de azúcares es mucho más rápida en el caso de los desechos del proceso de extracción, además que en ellos se encontraron mayor cantidad de azúcares disponibles para fermentación. Al cumplirse el tiempo de fermentación, el producto se separó mediante una destilación simple y posteriormente fue analizado mediante la técnica de dicromato de potasio, lo cual afirmó la presencia de dicho alcohol.

Para el estudio del proceso de fermentación de los desechos provenientes del proceso de extracción de aceite esencial de naranja, cáscara y jarabes glucosados, inicialmente se fijó un valor de pH igual a 4, pues el crecimiento de la Saccharomy cerevisiae se ve favorecido a pH entre 3,5 – 5,5, además Gutiérrez y Martínez [9] indican que la máxima producción de etanol se obtiene a pH 4, sin embargo esté valor disminuyó a 3 en todos los casos analizados de fermentación, esto es como resultado de la formación de productos como lo es el caso del ácido láctico y ácido acético.

De la misma manera se mantuvo un flujo de sustrato de aproximadamente 9,8 mL/min, a temperaturas entre 29° C y 33° C, se manejó dicho rango ya que estas fueron las temperaturas del ambiente durante el proceso de fermentación, se recomienda que esta temperatura permanezca constante, lograr que esta condición se mantenga es difícil, sin embargo resalta Vela *et al.* [10] que es recomendable conservar la temperatura entre 28,5° C y 34° C, por lo tanto, los ensayos pudieron realizarse dentro de los parámetros recomendables de temperatura.

Al mismo tiempo, se llevó a cabo las fermentaciones alcohólicas, añadiendo como nutriente sulfato de magnesio para fomentar el desarrollo de la levadura en este caso *Saccharomy cerevisiae*, ya que Vela *et al.* [10] exponen que una carencia de magnesio en la fermentación alcohólica conlleva a la producción de ácido acético, disminuyendo la

formación de productos secundarios de este tipo durante el proceso fermentativo. Sin embargo por la variación de pH señalada anteriormente, sumada la percepción del olor característico del ácido acético, se infiere que durante proceso si hubo una formación apreciable de productos secundarios como el ácido láctico y el acético, esto debido a la posible infección del mosto con bacterias del género Lactobacillus y Acetobacter, respectivamente.

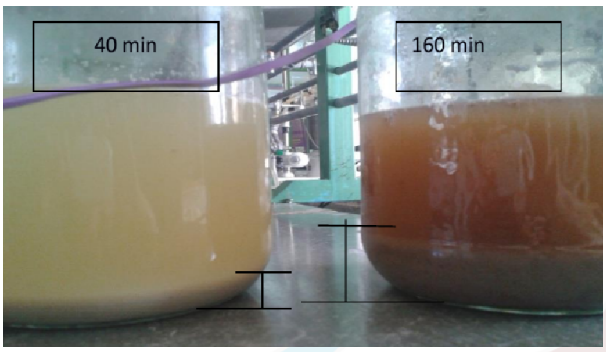


Figura 6: Crecimiento de la Levadura en los mostos de 40 y 160 min de tiempo de extracción de aceite esencial

Otro dato importante que se visualizó luego del proceso de fermentación, consistió en el crecimiento de la levadura presente en los diferentes mostos, en figura se observa que para 40 minutos de extracción de aceite, el crecimiento de levadura fue muy pobre en comparación con el de 160 minutos (ver Figura 6), esto es como consecuencia tanto de la presencia de aceite esencial en el mosto como concentración de azúcares en el medio.

5.3. Evaluación el etanol obtenido usando una técnica de espectroscopia de UV–Visible

La Figura 7 muestra las concentraciones de etanol determinadas mediante espectroscopia de UV-Visible de cada bloque a lo largo del tiempo de extracción,

El comportamiento predominante es que la concentración de dicho alcohol aumenta conforme aumenta el tiempo de extracción de aceite, esto

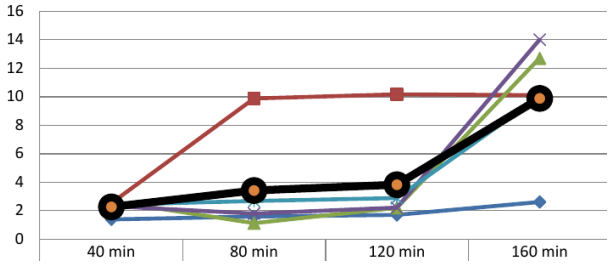


Figura 7: Concentración de etanol obtenido (% v/v) del proceso de extracción de aceite esencial de naranja (*D-limoneno*) vs tiempo de extracción de aceite esencial
donde:
bloque 1, bloque 2, bloque 3, bloque 4, bloque 5 y promedio.

quiere decir que el proceso fermentativo es inhibido por el aceite y mejora cuando se retira.

Como puede observarse, el valor máximo promedio determinado de concentración de etanol es de 9,88 % a los 160 minutos de extracción de aceite esencial y el valor mínimo es de 2,26 % a los 40 minutos, es notable también que la concentración de dicho alcohol aumenta, conforme aumenta el tiempo de extracción de aceite, en tal sentido, y estudiando las variables antes expuestas, se puede decir, que la extracción de aceite esencial en las cáscaras de naranja favorece la producción de etanol a partir de la fermentación de las mismas.

Con base en las observaciones anteriores, cabe destacar la investigación realizada por Boluda y López [11], en la cual se señala la importancia de la actividad antimicrobiana del aceite esencial *D–limoneno* sobre *Saccharomy cerevisiae*, esta se basa en la alteración que causa a la membrana celular de dicha levadura, ya que impide el transporte de iones como el H+ y K+ que juegan papel importante en el crecimiento de la levadura.

Los bloques 3, 4 y 5 siguen una tendencia promedio similar, es decir, el aumento de la concentración del alcohol conforme transcurre la extracción de aceite esencial. A su vez, se puede señalar que el bloque uno, sigue la tendencia antes descrita, sin embargo, la producción de etanol es menor, esto corresponde a dos fenómenos, dicho bloque fue el más pobre en cuanto a la presencia de azúcares fermentables, además de que fue el

Tabla 1: Cantidad de aceite esencial extraído en cada bloque

Bloque	Volunen de aceite extraído (mL)
1	8,7
2	27,9
3	12,6
4	10,8
5	12,2

bloque en el que se extrajo menor cantidad de aceite esencial. Cabe mencionar, que para realizar este seguimiento se tuvo que interrumpir el proceso a cada tiempo de extracción, lo que pudo ocasionar la pérdida de aceite esencial por volatilización, disminuyendo el rendimiento del mismo en el caso de algunos bloques (ver Tabla 1).

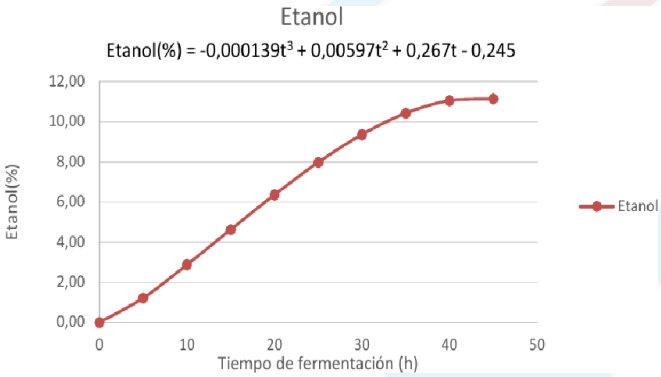


Figura 8: Modelaje en lote de la fermentación de glucosa al 10 % para la producción de etanol

El bloque 2 muestra un comportamiento distintivo, ya que las concentraciones de etanol presentes, crecieron más rápido comparación con los demás. Sin embargo al comparar con modelajes matemáticos la producción de etanol por fermentación alcohólica presentado en [12], el cual se muestra la Figura 8, se visualiza que el comportamiento del bloque 2 coincide con el del modelaje, esto puede relacionarse, ya que en dicho bloque se pudo extraer la mayor cantidad de aceite esencial de naranja. Por lo anteriormente discutido, se infiere, que hubo menos efecto inhibitorio por parte del aceite esencial en el proceso fermentativo en el bloque 2 , y es por ello que en él se alcanzan las mayores concentraciones de etanol producidos entre todos los bloques, a la vez que es el único que muestra una tendencia de producción de etanol parecida al modelo matemático.

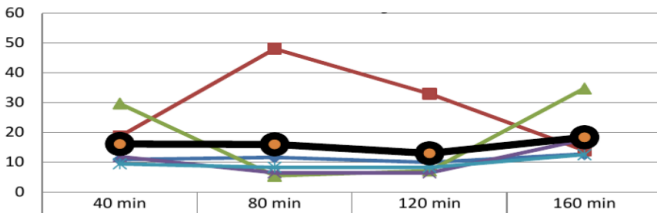


Figura 9: Gráfico del porcentaje de rendimiento de etanol obtenido por bloque en función del tiempo

Es importante analizar también, el rendimiento del proceso para poder comparar y hacer las inferencias necesarias para complementar la investigación, es así como se llega a la Figura 9 del análisis de rendimiento fermentativo.

De acuerdo a la Figura 9, el rendimiento promedio máximo de etanol obtenido es de 18 %, a su vez se observa una tendencia creciente del mismo con respecto al tiempo de extracción de aceite esencial.

Por otra parte, es distinguible que en el bloque dos se obtienen los rendimientos más altos con respecto al promedio y aunque se esperaba que este comportamiento se diera al final del tiempo de extracción, este bloque es particularmente distintivo ya que a pesar de sus favorecedoras características en cuanto a presencia de azúcares y extracción de aceite, a 160 min el rendimiento disminuyó, concluyéndose que existen otros factores dentro del proceso fermentativo que influyen en el rendimiento, así como altas concentraciones de azúcares que afectarían el equilibrio de la célula por el aumento de la presión osmótica en el medio, lo que conlleva a que la levadura se deshidrate, además de las concentraciones de alcohol producto de la fermentación, ya que este compuesto afecta el transporte de energía dentro de la célula y su intercambio de nutrientes, lo que hace que la levadura muera.

Debido a la variabilidad entre los resultados obtenidos para los distintos bloques se hizo necesario el diseño de un análisis estandarizado que permitió hacer una evaluación de la producción de etanol y la relación que guarda el proceso fermentativo con la extracción del aceite esencial. Dichos resultados

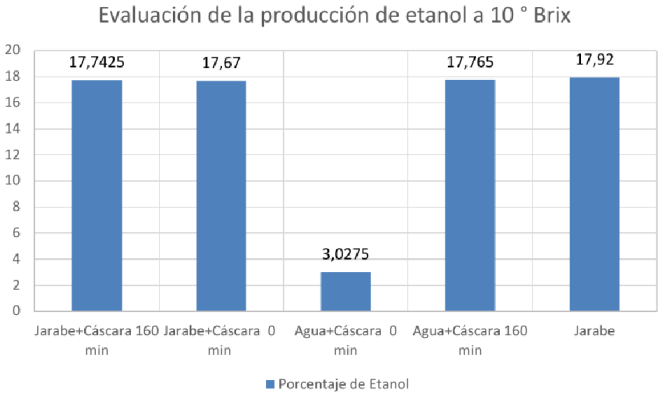


Figura 10: Producción de etanol de diferentes sustratos llevados a 10 grados Brix

se expresan en la Figura 10.

Es apreciable que en el análisis de cáscara – agua a tiempo de extracción cero, los resultados son completamente desfavorables en la producción de etanol, hecho que afirma la necesidad de extraer el aceite esencial como un pre–tratamiento para favorecer la fermentación a partir de desecho cítricos de naranja. Se evidencia que en la producción de etanol a partir de jarabe glucosado se obtuvo la mayor concentración de etanol, no muy lejano a esto está el comportamiento del ensayo constituido por agua-cáscara de naranja con 160 minutos de extracción de aceite, siendo este superior al de jarabe- cáscara a los 160 minutos y finalizando con jarabe-cáscara cero, lo cual evidencia la importancia del pre–tratamiento de extracción de aceite esencial para el proceso fermentativo.

Sobre la base de las ideas expuestas, Choi *et al.* [13] indican en su investigación que la obtención de concentraciones de etanol entre 15 y 19 % con un rendimiento del 90 % a las 48 horas de fermentación, la presente investigación alcanza valores de hasta 17,92 %, la cual se mantiene entre dichos parámetros. Sin embargo cabe resaltar que la investigación en cuanto al rendimiento se alcanza un 41,76 % a las 48 horas de fermentación valor que está muy alejado de lo expuesto por Choi *et al.* [13], esto pudiera tener una justificación ya que este emplea un tratamiento más riguroso de los desechos, como es la aplicación de hidrólisis ácida, lo cual genera mayores rendimientos en comparación con el tratamiento de esta investigación que solo constituyó extracción de aceite esencial y molienda.

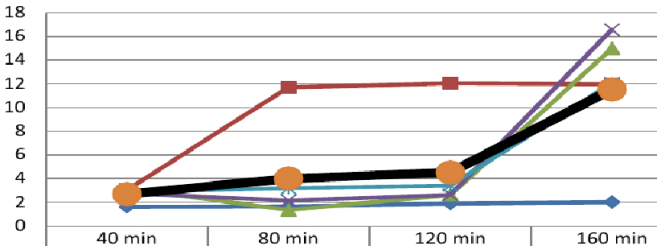


Figura 11: Gráfico de la relación de masa de Etanol obtenido por cada gramo de cáscara usado en diferentes tiempos de extracción de aceite esencial de naranja

Seguidamente, Tejada *et al.* [14] indican una obtención de 8,4 mg de etanol/g cáscara, por su parte, esta investigación obtuvo valores entre 2,68 y 11,52 mg de etanol/g de cáscara, como muestra la Figura 11.

Por lo cual se puede afirmar que con este diseño experimental se logra una mayor relación de producción de Etanol, tomando en cuenta que el proceso de fermentación fue mayor (48 horas) que el de la anterior investigación, por lo cual benefició el proceso fermentativo. Dando paso a una comparación entre lo obtenido el trabajo [9], donde presentan una concentración de 3,11 % de etanol a partir de la cáscara de piña, se concluye que los desechos provenientes del proceso extracción de aceite esencial de naranja son más factibles como materia prima para producción del etanol reportando la mayor concentración de 17,92 %, una concentración casi 6 veces mayor en relación con el anterior sustrato.

6. Conclusiones

Sobre la base de los resultados obtenidos de investigación se realizan las siguientes conclusiones Se identificaron cantidades variables de azúcares fermentables, siendo la más baja de 2,1 grados Brix a 40 min de extracción de aceite y la más alta de 19 grados Brix a 160 min de extracción de aceite, lo cual indica que el proceso de extracción de aceite favorece la disposición de azúcares para la

posterior fermentación de igual modo la presencia de *D–limoneno* no presenta influencia en el contenido de azúcares fermentables disponibles en la cáscara, por otra parte proceso de fermentación de los desechos provenientes del proceso de extracción de aceite esencial de naranja se caracterizó por realizarse a temperatura de 29° C, con un pH de 4 en un reactor semi–continuo 4L, manteniendo un flujo de sustrato de 9,8 mL/min, durante un tiempo de 48 horas empleando *Sacharomy cerevisiae* como levadura y sulfato de magnesio como nutriente, produciendo etanol y otros productos secundarios finalmente se obtuvieron concentraciones de etanol en el rango de 1,39 % v/v a 17,92 % v/v para 40, 80, 120 y 160 minutos de extracción de aceite esencial de naranja. Los porcentajes de rendimientos de la fermentación variaron desde 5,4 % a 41,75 % alcanzándose relaciones de producción de etanol desde 2,68 mg de etanol/g de cáscara hasta 11,52 mg de etanol/g de cáscara.

En base a estos resultados se comprobó que los desechos de extracción de aceite esencial, se pueden aprovechar como materia prima en la producción de etanol.

Referencias

[1] F. Genera. Obtención de jarabes azucarados a partir de la hidrolisis quimica de residuos de la cascara de naranja (*citrus sineresis*) y papa (*solanumtuberosum*) variedad diacol capiro (r12) para ser empleado como edulcorantes en la industria de alimentos. Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia, 2013.

[2] S. Daza. Optimizacion del pretratamiento de la casacara de naranja para extraer etanol. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2014.

[3] D. Torres and T. Capote. Agroquímicos un problema ambiental global: Uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas*, 13(3), 2004.

[4] I. Linarez. Evaluación de los desechos patologicos generados en quirófano del complejo hospitalario universitario Ruiz y Paez. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela, 2011.

[5] Importaciones por aduana, Sistemas de consultas de estadísticas, Instituto Nacional de Estadísticas, Caracas, Venezuela. *Productos diversos de otras industrias químicas*, 2014.

[6] I. Rodríguez. Pretratamiento de hidrólisis hidrotérmica para la degradación de los carbohidratos complejos de residuos de frutas para la obtención debioetanol. Trabajo de grado de máster universitario en biotecnología alimentaria, Universidad de Oviedo, Oviedo, España, 2016.

[7] K. Rezzadori, S. Benedetti, and E. Amante. Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products. *Food and Bioproducts*, 90, 2012.

[8] C. Cardona-Alzate, Ó. Sánchez-Toro, J. Ramírez-Arango, and L. Alzate Ramírez. Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6(2):78–89, 2004.

[9] L. Gutiérrez and N. Martínez. Evaluación de la concentración de la cáscara piña (*Ananas comosus*) para mejorar el rendimiento de etanol en un reactor semi–continuo. Trabajo especial de grado, Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Barquisimeto, Venezuela, 2016.

[10] B. Vela, R. Nixon, R. Muro, and J. Luis. Optimización de los parámetros del proceso de fermentación del jugo de caña para obtener bioetanol en la planta piloto de alcohol de la Facultad de Ingeniería Química. Trabajo especial de grado para la obtención del título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Agropecuaria el Perú, Iquitos, Perú, 2017.

[11] M. Boluda-Aguilar and A. López-Gómez. Production of bioethanol fermentation of lemon (*Citrus limon L.*) peel wastes pretreated with steam explosion. *Industrial crops and products*, 41:188–197, 2013.

[12] J.Morales, L. Rodríguez, and S.Ronco. Producción de etanol en una fermentación batch. Trabajo especial de grado profesional, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2012.

[13] I. Choi, Y. Lee, S. Khanal, B. Park, and H. Bae. A low–energy, cost–effective approach to fruit and citrus peel waste processing for bioethanol production. *Applied Energy*, 140:65–74, 2015.

[14] L. Tejada, W. Marimón, and M. Medina. Evaluación del potencial de las cáscaras de frutas en la obtención de bioetanol. *Hechos Microbiológicos*, 5(1), 2016.

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Peña et al., Vol. 5, Nº 15, 72–80, agosto, 2019.

Tech Note: Techniques of recycling rubber styrene butadiene (SBR)

Ibelise Peña, Natasha Tellería–Mata,* Magaly Henríquez
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Abstract

The alarming increase of tires worn every year around the world and its impact on the surrounding environment, generates the need to visualize alternatives for recycling and reuse that reduce the negative consequences derived from its accumulation. In this sense, an investigation was carried out using the methodology of technological surveillance, by means of the construction of a strategy through a search in Patentinspiration and The Lens patent search platforms. After an analysis of the documents obtained, three (03) patents were selected that describe key results in the recovery of these polluting tires and their separation into different components that serve as raw material in the production of other products of common or industrial use as fuel oil, gas, steel, bitumen, coal or even the use of granulated tire as a vulcanization activator for new tires with reduced zinc oxide content.
Keywords: SBR; estyrene butadiene rubber; tire; recycling; recovery.

Nota técnica: Tecnologías de reciclaje de caucho estireno butadieno (SBR)

Resumen

El incremento alarmante de neumáticos gastados cada año en todo el mundo y su impacto en el ambiente circundante, genera la necesidad de visualizar alternativas de reciclaje y reuso que disminuyan las consecuencias negativas derivadas de su acumulación. En ese sentido, se llevó a cabo una investigación utilizando la metodología de vigilancia tecnológica, mediante la construcción de una estrategia de búsqueda en las plataformas de patentes PatentInspiration y The Lens. Luego de un análisis de los documentos obtenidos, se seleccionaron tres (03) patentes que describen resultados claves en la recuperación de estos neumáticos contaminantes y su separación en diferentes componentes que sirven como materia prima en la elaboración de otros productos de uso común o industrial como fuel oil, gas, acero, betunes, carbón o incluso el uso de neumático granulado como activador de vulcanización para nuevos neumáticos con contenido reducido de óxido de zinc.
Palabras clave: SBR; caucho estireno butadieno; neumático; reciclaje; recuperación.

Recibido: enero 2019;
Aceptado: junio 2019.
Autor para correspondencia: N. Tellería–Mata e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

1. Introducción

A lo largo del presente año, unos mil millones de neumáticos quedarán fuera de uso en todo el planeta, lo que representa alrededor de 25 millones de toneladas. Sólo el 70 % de dicha cantidad se recuperará, de allí el 50 % será objeto de reciclaje y el 20 % restante se convertirá en energía; el

otro 30 %, es decir, 6 millones de toneladas, serán destinados en vertederos o quemados. La acumulación incontrolada en los vertederos a cielo abierto, es además causante de deterioro al ambiente y a la salud humana debido a que los neumáticos desechados sirven de refugio para el agua estancada, facilitando la proliferación de zancudos transmisores de enfermedades como el dengue, zika, chicungunya, entre otros. Igualmente, la quema sin control, al aire libre, implica problemas medioambientales y sociales porque emiten grandes cantidades de partículas y gases con una carga importante de hidrocarburos aromáticos policíclicos los cuales son compuestos cancerígenos, aumentando la toxicidad de la carbonilla liberada.

La fabricación de neumáticos y de otros productos de caucho involucra procesos de vulcanizacion, una reacción irreversible entre el co–polímero estireno–butadieno, el azúfre y otras sustancias químicas que forman la reticulación entre la cadena molecular del elástomero, generando una red química tridimensional. Los elastómeros reticulados son sólidos, insolubles y son materiales termoestables infundibles. Condiciones que han limitado el reprocesamiento y reciclaje de neumáticos usados en la fabricación de productos nuevos que cumplan con las características de calidad y desempeño necesarias para su incorporación en automóviles.

Goodyear, quién inventó el proceso de vulcanización hace más de 160 años, fue el primero que inició los esfuerzos para reciclar los desechos de caucho curado a través del método de la molienda. Incluso después de algunos años de esfuerzo en reciclaje, continúa el desarrollo de una tecnología adecuada para utilizar caucho desechado.

Los neumáticos desechados fabricados a partir de gomas de alta calidad, como la goma estireno–butadiendo (SBR, por sus siglas en inglés), representan una fuente de gran potencial para la industria del caucho. Sin embargo, el proceso de reciclaje de estos elementos se ha mantenido a baja escala debido a: i) estrictos requerimientos para la calidad de artículos de goma, y por lo tanto del caucho recuperado; ii) la sustitución de caucho crudo por otros materiales en la formulación de nuevos productos, por ejemplo plástico en algunos casos y iii) los crecientes costos de recuperación de neumáticos desechados debido a las más estrictas regulaciones de protección ambiental, es decir, elaborar neumáticos a partir de caucho reciclado que se ajusten a las normativas del ambiente incrementa costos en el proceso de su recuperación, ya que para cubrir dichas exigencias, los cauchos deben tener cierta calidad y a su vez las tecnologías, método y equipos para recuperarlos y obtener nuevos o derivados a partir de ellos, deben ser más afinados. Por otro lado, el incremento en las restricciones de las leyes exige la búsqueda de métodos económicos y ambientales para el reciclaje, resultando en la implementación de continuas políticas agresivas de la industria automotriz que apuntan al incremento del reciclado de plásticos y materiales de caucho usado [1].

Existen empresas en Venezuela que aprovechan el residuo gastado, mediante procesos de separación mecánica, para la obtención de productos textiles, metálicos y gomas. Sin embargo, ante la disminución abrupta de la oferta de neumáticos para el parque automotor venezolano, motivado por la disminución de la capacidad de producción de la industria del caucho en el país y de la disponibilidad de divisas para su importación, es necesaria la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan aprovechar los componentes presentes en los neumáticos usados, para re–insertarlos en el proceso productivo de cauchos nuevos o insumos interesantes para la industria nacional en general.

En ese sentido, este trabajo presenta tres (03) tecnologías que permiten reciclar neumáticos de una manera más óptima, aprovechando los componentes de la constitución del mismo o utilizándolo como materia prima, para la fabricación de nuevos neumáticos y otros materiales e incluso, el uso directo de los componentes separados como el acero, cenizas de carbón, fuel oil, entre otros; todo en un proceso amigable al medio ambiente y con recursos económicos accesibles que hagan posible su ejecución.

2. Alcance y metodología

Este trabajo está basado en una búsqueda avanzada y análisis de patentes, en las plataformas de búsqueda a nivel mundial PatentInspiration, Google Patents y The Lens, además se revisaron

noticias y material bibliográfico complementario. Se realizó una primera búsqueda en la plataforma PatentInspiration, utilizando la ecuación

(“RECYCLING TECHNOLOGY” OR “ALTERNATIVE RECYCLING” OR RECOVERY* OR BIOREMEDIATION*) AND (“STYRENE BUTADIENE RUBBER” OR “WASTE RUBBER” OR TIRE) AND (AUTOMOBILE OR CAR),

en los campos título y resumen sólo de las patentes otorgadas, aplicando los filtros una patente por familia y excluyendo los documentos que presentaran título o resúmen vacío. Por otro lado, se realizaron dos búsquedas utilizando términos en español. En la plataforma PatentInspiration, se aplicó la ecuación

RECICLAJE AND (CAUCHO OR NEUMATICO) AND (USADO OR “ESTIRENO BUTADIENO”)

Mientras que, para la plataforma The Lens la estrategia y aplicación de términos en la ecuación de búsqueda cambia a

RECICLAJE AND ((CAUCHO OR NEUMATICO) AND (USADO OR (ESTIRENO BUTADIENO))).

Los documentos fueron almacenados, clasificados y analizados, seleccionando las patentes que describieran equipos, método de separación, productos obtenidos y sus aplicaciones directas en la industria utilizando como materia prima que alimenta al sistema, neumáticos enteros fabricados con la goma de SBR y aplicable a cualquier otro tipo de caucho.

3. Discusión y Resultados

El análisis de los resultados obtenidos al aplicar las tres estrategias de búsqueda descritas, evidencia que la mayoría de patentes publicadas describen los equipos para separar el neumático, optimización de tecnologías de separación de componentes o el uso de neumáticos reutilizados en otras aplicaciones como jardinería, mesas, sillas, equipos de señalización, relleno de pavimento, recubrimiento de canchas deportivas, mesas, equipos de señalización de tránsito entre otros. Las tecnologías muestran separación soló mecánica o química como procesos no amigables al medio ambiente, uso de equipos y reactivos con grandes costos económicos.

La primera búsqueda en PatentInspiration, resultó en un universo de 46 solicitudes y concesiones de patentes, de las cuales, siguiendo el criterio establecido en la metodología, se seleccionó una patente otorgada en el año 2014 (US8802906B2), donde describen detalladamente los equipos utilizados para la separación, productos obtenidos y aplicación individual de los mismos.

Como es de esperar, las búsquedas de términos en español resultaron en una menor cantidad de documentos, específicamente, siete (07) patentes en la plataforma PatentInspiration y cuarenta y cinco (45) patentes en la plataforma The Lens, de las cuales se escogieron dos (02) publicaciones, siguiendo el mismo criterio para la selección de tecnología. De la primera plataforma se recuperó una patente (ES2226192T3) que describe un método sencillo utilizando neumáticos elaborados con caucho SBR a temperatura y presiones bajas así como reactivos de alcance en Venezuela y las aplicaciones de sus componentes separados. La tercera y última tecnología, explica resultados importantes del caucho SBR granulado como activador y sustituyendo el óxido de zinc altamente contaminante en la reacción de vulcanización con azufre en los neumáticos.

Reciclaje de caucho para la recuperación de energía

En 2014, según la patente US8802906B2 “Método de Recuperación de Energía” [2] se describe un aparato, sistema y método que consiste en utilizar neumáticos de automóviles o camiones completos para formar paquetes de neumáticos alineados axialmente, formando una estructura cilíndrica, unidos entre sí, con tiras o cables metálicos o cualquier otro material no combustible. Uno o varios de estos

paquetes se colocan en una bandeja, receptáculo o carrito móvil, el cual se introduce en una cámara de pirólisis y se sella herméticamente. Se calienta con una fuente externa que consiste en uno o mas quemadores de gas natural, a una temperatura externa de 427–704 °C e interna de 260–704 °C hasta alcanzar la vaporización, una vez alcanzada esta temperatura, se apaga la fuente de calor y las estructuras cilíndricas se dejan enfriar hasta 66 °C. Los vapores generados salen de la cámara en una línea cerrada, mediante un sistema de ventilación y fluyen por gravedad a través de varias placas horizontales de un condensador enfriadas con agua, obteniendo fuel oil con un valor de 17.700 BTU, que contiene naftas ligeras y pesadas, combustible diesel, gasolina y otros hidrocarburos. Esta mezcla es aproximadamente equivalente al aceite de corte #6 y se puede usar como combustible para barcos y como alimentación del pool de diesel crudo y queroseno.

El oxígeno existente se agota o expulsa, favoreciendo que los restos de neumáticos no se quemen sino que se reduzcan a una masa con una pureza de 90–92 % de carbono más acero, el cual se recupera fácilmente de la masa de ceniza mediante el uso de magnetismo o de filtros gruesos y se vende como chatarra de acero, 5 % de ceniza como producto útil de alimentación para las acerías y 2 % carbono orgánico volátil. Los vapores gaseosos restantes constituyen el gas natural que se captura, comprime y almacena en otro recipiente, pudiendo utilizarse como gas natural comercial o para proporcionar calor a la cámara de pirólisis para el procesamiento de más neumáticos, generando una ganancia neta de energía dentro de este sistema.

El acero y carbono recuperados también son materias primas útiles para otros procesos, inclusive se puede vender como carbón grueso.

Se pueden utilizar neumáticos empacados, cortados o triturados pero se ha encontrado que se obtiene menos transferencia de calor que enteros.

Se ha reportado que el rendimiento del proceso es de 50 % en aceite, 35 % en carbón, 10 y 15 % en acero y 0–5 % en gas natural, este último con un valor de BTU 1.280 húmedo y 1.303 seco, y el gas natural contiene etano, propano y butano. No produce emisiones ni genera residuos para transferir a un relleno sanitario, ya que el acero y la cenizas se reciclan. La calidad de los subproductos obtenidos depende de la calidad de alimentación de los neumáticos.

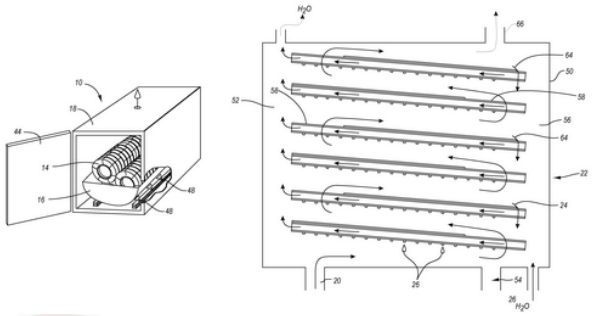


Figura 1: Cámara de Pirólisis y sistema de placas del condensador

Fuente: Thompson, D. [2].

En la Figura1 se visualiza la cámara de pirólisis, los neumáticos enteros alineados, la bandeja de soporte de los mismos y la conformación de placas horizontales del condensador como las salidas de agua, entrada de ventilación y la salida hacia el tubo de condensador donde se recolecta el fuel oil.

Proceso de separación de los componentes de cauchos neumáticos usados

La patente ES2226192T3 “Procedimiento e instalación para la separación de componentes de neumáticos usados” [3], publicada en 2005, muestra un proceso para el tratamiento de desechos de caucho vulcanizado, en particular de neumáticos de cualquier tamaño y naturaleza u otros objetos usados de caucho, tales como botas o correas transportadoras.

El proceso mostrado en la Figura2 comprende las siguientes etapas (los números entre paréntesis de las etapas corresponden a los indicados en la Figura).

> Los desechos de caucho vulcanizado, reforzado o sin reforzar, son reducidos de tamaño mediante corte con ayuda de una cizalla (14), preferiblemente del tipo guillotina, provista de cuchillas enjaretadas para obtener trozos de 10 a 25 cm de longitud, con el único objetivo de disminuir el volumen del material y facilitar así la manipulación durante el proceso de tratamiento. Los residuos de cauchos cortados

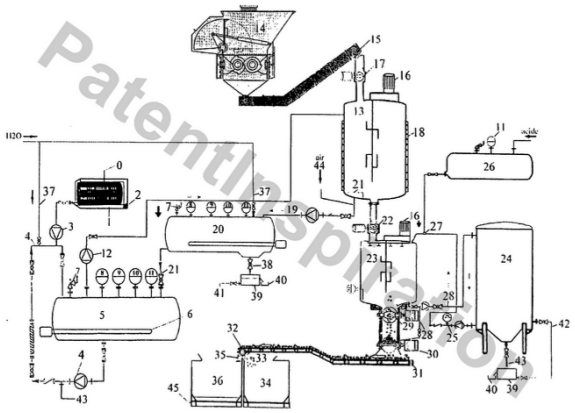


Figura 2: Sistema de equipos utilizados para separar los componentes del Neumático
Fuente: Debailleul, G. [3].

se dirigen al reactor (13) por el transportador de cadena (15).

En el horno (1) se introduce un barril (0) de hidróxido de sodio (NaOH) cristalizado, dentro del cual se calienta a 380 °C. Una vez licuado se conduce por la bomba (3) al tanque madre (5) y se almacena a 350 °C. El NaOH líquido es transportado al reactor (13), mediante una bomba ubicada en la línea (12), controlando el nivel de líquido de forma que cubra los residuos de cauchos cortados. El reactor se mantiene a una temperatura de 350 °C durante 30 minutos, cuando los materiales son desolarizados. El NaOH restante es evacuado a través del filtro (21), eliminando las partículas mayores a 1mm, por la línea (19) equipada con una bomba, hacia el tanque amortiguador (20).

El tanque amortiguador (20) cuenta con una configuración que permite la decantación y el mantenimiento de la temperatura a 350 °C del líquido cáustico a fin de evitar choques térmicos y los riesgos de cristalización en el tanque (5). El líquido parcialmente decantado se envía a través de la línea (21), lentamente por gravedad, al tanque madre (5). Al NaOH líquido restante en el fondo del tambor (20) se le agregará lentamente agua a través de la línea (37), para obtener una disolución al 40 % evitando la cristalización. Las partículas sólidas son evacuadas al tanque (40), donde se lavan y se colocan en otro tanque como el (36). La solución NaOH al 40 % recuperada en la salida (41), es almacenada en barriles y comercializada para otro uso o bien introducida al tanque (24) para obtener un agente neutralizador y aumentar así la rentabilidad del procedimiento.

Una vez despojado todo el líquido cáustico del reactor (13), se abre la válvula (22) evacuando por gravedad los materiales remanentes dentro del tanque de neutralización (23), el cual es alimentado por la línea (25) con los líquidos de neutralización obtenidos en el tanque (24) y el ácido fosfórico (H_3PO_4) procedente del tanque (26) que ha pasado previamente por el bloque de mezcla (27). Los materiales y el líquido son sometidos a un gran proceso de mezclado dentro del tanque de neutralización.

El líquido neutralizado se extrae a través de la línea (28) conectada al fondo del reactor y se transporta directamente al tanque (24) con ayuda de una bomba. Seguidamente, se evacúa el material sólido abriendo la válvula (29) mientras se mantiene cerrada la válvula (30), donde se retiene brevemente el material con la finalidad de extraer el líquido remanente a través de una derivación de la línea (28), provista de un filtro, enviando el líquido limpio al tanque (24). Una vez evacuado el resto del líquido, se abre progresivamente la válvula (30) para liberar el material sólido. Cuando el tanque (24) ha alcanzado el nivel inferior, correspondiente a la salida (42), se abre la válvula y se libera el líquido neutro cargado de partículas sobre una cinta vibradora idéntica a la (39). El líquido se evacúa y se recuperan las partículas.

El sólido se envía, mediante una cinta transportadora (31), hasta la polea magnética (32) situada al final de la cinta. Los metales (33) son depositados en el tanque receptor (34) y los materiales no magnéticos (35), llegan al tanque receptor (36), sobre un primer fondo provisto de un filtro de acero inoxidable con la finalidad de obtener al fondo del tanque un material con un diámetro inferior a 10 micras. El secado del material se consigue mediante el paso del líquido por una tubería lateral (45).

Los metales recuperados son dirigidos hacia la siderurgia. Los demás materiales son friables y se transforman en un polvo fino a la menor presión. La devulcanización no es completa, pero la rotura de ciertos enlaces está asegurada. El carácter friable y la composición polimérica del residuo lo convierten en un material de carga interesante para ser reciclado en la fabricación

de neumáticos, artículos de caucho y otros usos no limitativos, tales como en los betunes y otros recubrimientos.

Para la neutralización, el procedimiento recurre a ácidos, preferiblemente fosfórico. En todo caso es previsible utilizar materiales, tales como soluciones ácidas fosfóricas consideradas como desechos en la industria, disponibles en importantes cantidades. Por consiguiente, el sistema puede considerarse como centro de neutralización para estos ácidos, que constituyen un apreciable aporte económico, reduciendo así el coste del tratamiento principal que es objeto del presente invento.

Reciclaje de neumático como activador de vulcanización

En 2011, se publicó la patente WO2011/045463A1 "Empleo de caucho de neumático granulado en la vulcanización con Azufre" [4] que describe un novedoso procedimiento de vulcanización con azufre empleando caucho granulado (TC, por sus siglas en inglés) para sustituir el óxido de zinc (ZnO) como activador, evitando la liberación del Zn al medioambiente durante la producción, eliminación y reciclaje de caucho.

El ZnO ha sido clasificado como peligroso para el medioambiente y muy tóxico a largo plazo por sus efectos adversos al medio acuático. Estudios anteriores compararon nanopartículas de ZnO contra el ZnO estándar, mostrando resultados excelentes en la prevulcanización, vulcanización y curado del caucho solo que se debe seguir el estudio por la dispersión presentada y algunas contradicciones de las nanopartículas de ZnO. Otros autores han propuesto de manera interesante la utilización de complejos de Zn, sin embargo aplica a unos tipos de caucho que limita su uso industrial y la información es limitada para esta técnica. Basándose en plantear nuevas vías de reutilización de los neumáticos que terminan en su gran mayoría en vertederos, para reducir su cantidad, re–valorizarlos y minimizar su impacto ambiental, se plantea este novedoso activador de caucho granulado.

El caucho de esta invención puede ser cualquier caucho conocido natural o sintético. Primeramente se caracterizan las muestras por análisis termogravimétrico en dos etapas, las condiciones experimentales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Condiciones de Termogravimetría (TG) en atmósfera de N_2 y Aire

Atmósfera	Nitrógeno	Nitrógeno	Aire
Temperatura inicial (°C)	30	550	300
Temperatura final (°C)	550	300	1000
Velocidad de Calentamiento (°C min^{-1})	10	30	10
Flujo de gas (ml min^{-1})	50	50	50

Fuente: Guzmán *et al* [4]

Tabla 2: Análisis de TG en atmósfera de N_2

Muestra	TC 1	TC 2	TC 5
Td1 (°C)	366	376	370
Td2 (°C)	442	447	447
Pérdida de masa 1 (%)	33.2	46.6	36.3
Pérdida de masa 2 (%)	28.1	18.5	27.5
Contenido de caucho (%)	61	65	64
Contenido de NR (phr)	54	72	57
Contenido de SBR (phr)	46	28	43

Fuente: Guzmán *et al* [4]

En la primera se calientan hasta 550 °C en atmósfera de nitrógeno para determinar su contenido y tipo de polímero, como se muestra en la Tabla 2 para tres muestras estudiadas. Finalmente, se deja enfriar a 300 °C.

En la segunda etapa se calienta a 1000 °C en

Tabla 3: Análisis de TG en atmósfera de Aire

Muestra	TC 1	TC 2	TC 5
Td1 (°C)	566	561	553
Td2 (°C)	666	–	589
Pérdida de masa 1 (%)	29.2	30.0	14.2
Pérdida de masa 2 (%)	1.9	–	17.2
Contenido de caucho (%)	61	65	64
Contenido de CB (phr)	51	46	49

Fuente: Guzmán *et al* [4]

atmósfera oxidante y proporciona información sobre las cargas presentes en la mezcla y contenido de negro de humo (CB, por sus siglas en inglés) como se muestra en la Tabla 3.

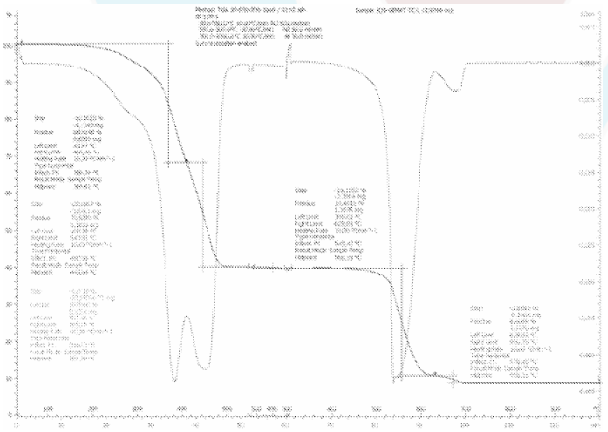


Figura 3: Análisis TG y DTG de TC1
Fuente: Guzmán *et al* [4].

En las Figuras 3. 4 y 5 se pueden visualizar los resultados del análisis termogravimétrico simple y con derivadas, de las 3 muestras, donde se evidencia la aparición de los polímeros caucho natural (NR) y caucho estireno–butadieno (SBR).

Posteriormente, y apoyándose en una formulación de referencia, se trabajó en la reacción de vulcanización de azufre utilizando la aproximación de vulcanización de compuesto modelo (MVC) con 5 phr de ZnO, 5 phr de tres muestras compuestas con diferentes composiciones de NR y SBR, resumidos en la Tabla 4.

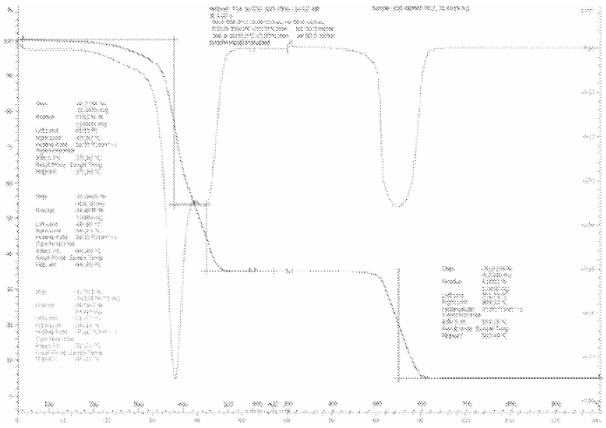


Figura 4: Análisis de TG y DTG de TC2
Fuente: Guzmán *et al* [4].

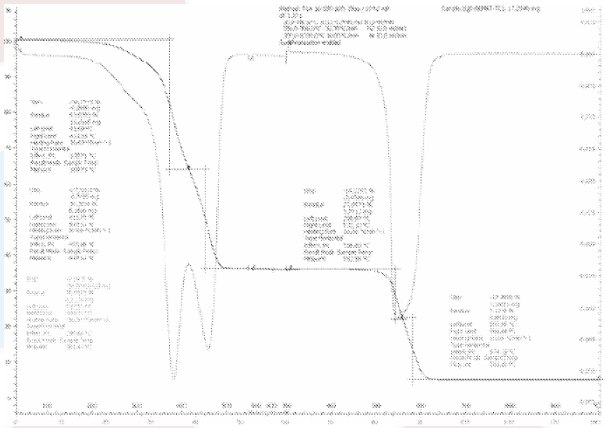


Figura 5: Análisis de TG y DTG de TC5
Fuente: Guzmán *et al* [4].

Se utilizó un baño termostático de aceite ajustado a 140 °C. Las mezclas modelo fueron agitadas continuamente para garantizar su homogeneidad en atmósfera de N_2, evitando la oxidación de los dobles enlaces de escualeno. Durante la reacción, los recipientes se retiraron del baño de aceite a diferentes tiempos y las reacciones fueron rápidamente detenidas en frío. Se utilizaron dos métodos analíticos de HPLC para cubrir dos aspectos del

Tabla 4: Composición de Vulcanización de Compuesto Modelo (escualeno)

Ingredientes	Receta	TC 1 (phr)	TC 2 (phr)	TC 5 (phr)
Escualeno	100	100	100	100
CBS	1.2	1.2	1.2	1.2
Azúfre	2	2	2	2
ZnO	5	–	–	–
TC	–	5	5	5
Ácido esteárico	2	2	2	–

Fuente: Guzmán *et al* [4]

proceso: la desaparición del acelerador (CBS) y la formación de reticulación (entrecruzamiento). También se estudió la descomposición del acelerador (CBS) con respecto a la evolución del azufre y el mercaptobenzotiazol (MBT) para entender las reacciones que tienen lugar durante el tiempo de prevulcanización y antes de la formación de entrecruzamiento.

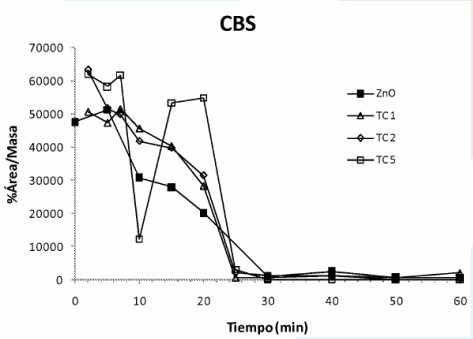


Figura 6: Degradación del acelerador N–Ciclohexilbenzotiazol–2–sulfenamida(CBS) durante la vulcanización con ZnO estándar y TC1, TC2 Y TC5

Fuente: Guzmán *et al* [4].

La degradación de CBS mostrada en la Figura 6, la generación de MBT en el entrecruzamiento observada en la Figura 7 , la evolución de escualeno reticulado mostrado en la Figura 8 durante la vulcanización y la velocidad de consumo de azufre en la Figura 9, evidencian que no existen diferencias significativas entre el uso de ZnO y el caucho granulado como activador. La invariabilidad en la cinética de las reacciones demuestran el potencial de esta invención. Por otro lado, cuando se

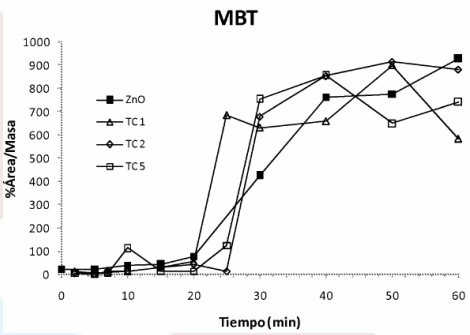


Figura 7: Evolución de mercaptobenzotiazol (MBT) durante la vulcanización con ZnO estándar y TC1, TC2 Y TC5

Fuente: Guzmán *et al* [4].

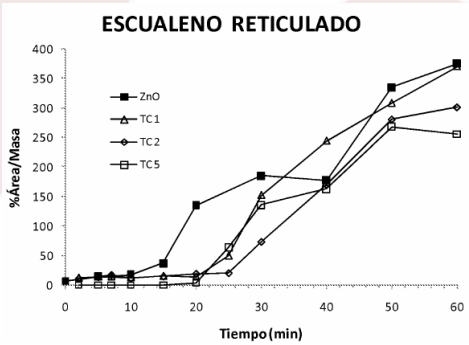


Figura 8: Evolución del escualeno entrecruzado durante la vulcanización con ZnO estándar y TC1, TC2 Y TC5

Fuente: Guzmán *et al* [4].

utilizan las muestras TC se eleva la formación de entrecruzamientos tri–(Sq–S3–Sq) y tetra–(Sq–S4–Sq) sulfídicos mostrados en la Figura 10, resaltando

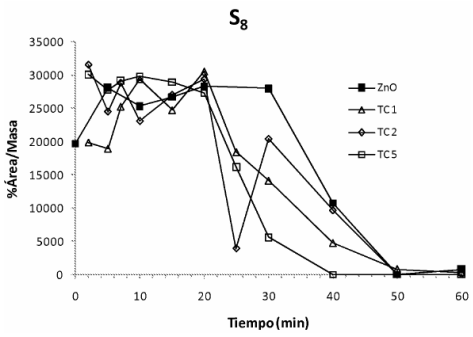


Figura 9: Degradación de azúfre durante la vulcanización con ZnO estándar y TC1, TC2 y TC5
Fuente: Guzmán *et al* [4].

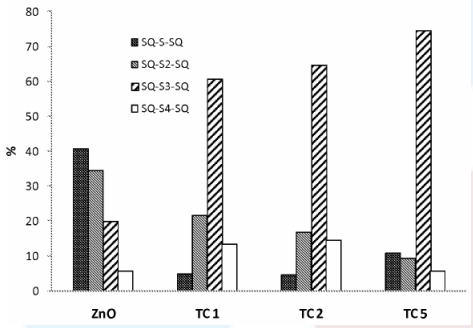


Figura 10: Formación de entrecruzamientos (Sq–S1–Sq),(Sq–S2–Sq),(Sq–S3–Sq),(Sq–S4–Sq)
Fuente: Guzmán *et al* [4].

la capacidad en la eficiencia de la vulcanización con sistemas sulfenamidas.

4. Conclusiones

La patente US8802906B2 muestra una tecnología novedosa que implementa el uso de neumáticos enteros usados para obtener fuel oil, carbono, gas natural que alimenta incluso el sistema, cenizas y acero, todos aprovechables como materia prima en otros procesos industriales.

La patente ES2226192T3 describe una metodología que mezcla la trituración mecánica con una separación química por devulcanización en diferentes componentes, utilizando reactivos accesibles y de bajo costo, recuperando metales y demás materiales con amplias aplicaciones industriales.

La patente WO 2011/045463 A1 muestra que la utilización de caucho granulado de neumático como sustituto de ZnO estándar es óptimo en la prevulcanización y vulcanización con azúfre. Presentando una innovación en la utilización de esta materia prima como acelerador a la vulcanización y mostrar una tecnología de reciclaje de cauchos gastados.

Referencias

[1] J.E. Mark, B. Erman, and M. Roland. *The science and technology of rubber*. Academic Press, 4th edition, 2013.

[2] D. Thompson. USOO8802906B2 - Method of recovering energy, 2014.

[3] G. Debailleul. ES2226192T3 - Procedimiento e instalación para la separación de componentes de neumáticos usados, 2005.

[4] M. Guzmán, N. Agullo, and S. Borros. WO 2011/045463 Al - Empleo de caucho de neumático granulado en vulcanización con azufre, 2011.

Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Hernández et al., Vol. 5, N° 14, 81–91, agosto, 2019.

Tech Note: Transforming waste into energy, Part I

Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva,* Magaly Henríquez
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

Abstract

Biomass is any type of organic matter of biological origin that is derived from animals and plants, as a result of the photosynthetic conversion process. It is used as a source for the generation of biofuel,It is obtained from animal droppings, plant residues, industrial waste, wastewater; as well as dry plant material, among others. Waste caused by biomass contains an important calorific value that can be used to partially solve the demand for energy in rural areas, thus reducing deforestation due to the felling of trees, recycling waste from farming, fishing, forestry, livestock and agriculture. of the food industry in general, additionally, is a clean and renewable energy resource. By means of a bibliometric and patentetometric analysis of scientific articles and patents obtained through the ScienceDirect and Patent Inspiration platforms for the period from 2009 until the first semester of 2019. Waste from different sources with greater potential for use was identified for the generation of biogás as energy use. The present analysis helps to diversify the energy matrix from which the gas produced by anaerobic decomposition is derived.

Keywords: biogás, organic waste, calorific power, energy.

Nota técnica: Transformando residuos en energía, Parte I

Resumen

La biomasa es cualquier tipo de materia orgánica de origen biológico que se derive de animales y vegetales, como resultado del proceso de conversión fotosintética. Es utilizada como fuente para la generación de biocombustible. Se obtiene a partir de excrementos de animales, residuos vegetales, desechos industriales, aguas residuales; así como también de la materia vegetal seca, entre otros. Los residuos originados por la biomasa contienen un poder calorífico importante que pueden ser aprovechados para resolver parcialmente la demanda de energía en zonas rurales, reduciendo de la deforestación debida a la tala de árboles, permite reciclar los desechos de la actividad agropecuaria, pesquera, forestal, ganadera y de la industria de alimentos en general, adicionalmente, es un recurso energético limpio y renovable. Mediante un análisis bibliométrico y patentométrico de artículos científicos y patentes obtenidos por medio de las plataformas ScienceDirect y Patent Inspiration para el periodo comprendido desde año 2009 hasta el primer semestre del 2019, se identificaron los residuos de diferentes fuentes con mayor potencial de uso para la generación de biogás como aprovechamiento energético. El presente análisis contribuye a diversificar la matriz energética de donde se deriva el gas producido por descomposición anaeróbica.

Palabras clave: biogás, residuos orgánicos, poder calorífico, energía.

Recibido: junio 2019;
Aceptado: julio 2019.

Autor para correspondencia: S. Villanueva e–mail: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

1. Introducción

En ausencia de oxígeno, la materia orgánica se descompone formando una mezcla de gases conocida como biogás. Este proceso se encuentra ampliamente en la naturaleza y ocurre, por ejemplo, en los páramos o en el fondo de los lagos, en pozos de lodo líquido y en el rumen de los rumiantes, gracias a la acción de una gama de microorganismos [1]. En el informe de Aprovechamiento de Energías Renovables 2013-2018 (SENER), el biogás es definido como, "gas que se produce por la conversión biológica de la biomasa como resultado de su descomposición" [2] es un biocombustible gaseoso, producto de la digestión anaerobia; su composición suele estar entre: 55 y 65 % de metano, 35 y 45 % de dióxido de carbono, 0 y 3 % de nitrógeno y 0 y 1 % de hidrógeno u oxígeno; además, contiene trazas de sulfuro de hidrógeno [3]. Para la obtención de biogás se puede utilizar como materia prima los excrementos animales, la cachaza de la caña de azúcar, residuales de mataderos, destilerías y fábricas de levadura, la pulpa y la cáscara del café, así como la materia seca vegetal. Esta técnica permite resolver parcialmente la demanda de energía en zonas rurales, reduciendo la deforestación debida a la tala de árboles, permite reciclar los desechos de la actividad agropecuaria y, es un recurso energético "limpio" y renovable [4], la Figura 1. muestra los residuos aprovechables como fuente energética según el origen de generación.

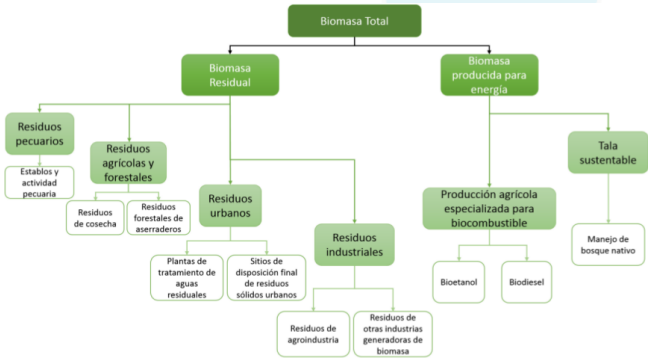


Figura 1: Clasificación de la Biomasa según origen de generación.

Para la formación del biogás, los residuos deben presentar características bioquímicas que permitan el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico. El proceso microbiológico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio algunas sales y minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores) [5]. En la Tabla 1 se enuncia la fuente generadora de biomasa, tipo de residuos que produce, la humedad relativa (principal característica física de los procesos bioquímicos) y la clase de biocombustible generado según la biomasa utilizada para su producción [3].

Teniendo en cuenta la idoneidad de las condiciones ambientales, tales como humedad, temperatura y radiación solar; la generación de energía eléctrica y térmica a partir de la biomasa se impone como uno de los recursos renovables con mayor potencial de utilización en la región intertropical (franja ecuatorial de 23° latitud norte hasta los 23° latitud sur). De igual forma, los países Iberoamericanos cuentan con buena disponibilidad de tierra y condiciones climáticas para la producción de cultivos energéticos y aprovechamiento de los residuos orgánicos que permitirán satisfacer la demanda de biocombustibles y el consumo energético [6].

Según informe de Pacual *et al.* [7] la producción total de energía generada en Europa a partir del biogás se incrementó un 54 % en el 2008 en comparación con los años 2006 y 2007 (47,5 % de incremento entre 2006 y 2007; 4,4 % entre 2007 y 2008), obtenidas principalmente de plantas descentralizadas de tratamiento de residuos agropecuarios, residuos municipales y tecnologías centralizadas de co-digestión. Alemania es el país que destaca en la producción de energía mediante biogás a partir del año 2006, básicamente por la gran actividad en la implantación de pequeñas plantas descentralizadas de tratamiento de residuos agropecuarios con producción de energía eléctrica y aprovechamiento de energía térmica mediante cogeneración. No obstante, durante el periodo 2007-2008 se produjo un estancamiento en el crecimiento del biogás agroindustrial en Alemania.

El replantamiento en el modelo energético persigue un equilibrio entre el desarrollo económico, la seguridad energética y la protección de los recursos naturales. Luego, surge la iniciativa de identificar y analizar el desarrollo de las publicaciones de

Tabla 1: Origen de la biomasa según su destino bioenergético.

Fuente generadora de Biomasa	Tipo de residuos	Características Físicas	Biocombustible
Forestales	Ramas, cortezas y raíces.	Sólido HR>55 %	Biogas Bioetanol
Agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales	Sólido muy húmedo	Bioetanol
	Estiércol	Sólido muy húmedo	Biogás
	Tallos, hojas, cáscaras, maleza, pastura	Sólido HR <55 %	Biogas Bioetanol
	Pulpa y cáscara de frutas	Sólido moderadamente húmedo	Bioetanol
Industriales	Aguas de lavado de carnes y vegetales	Líquido	Biogás
	Grasas y aceites vegetales	Líquido grasoso	Biodiésel
Urbanos	Aguas negras	Líquido	Biogás
	Desechos orgánicos	Sólido muy húmedo	Biogás

Fuente: Andrade *et al.* [3]

patentes y artículos científicos en la transformación de residuos en energía.

2. Definición de términos.

Biomasa. la biomasa es "Cualquier materia orgánica de origen biológico reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético".

Residuos pecuarios. En la industria ganadera, el estiércol (conocido como residuos pecuarios) es un residuo que se genera en gran cantidad; por lo cual, puede utilizar como alimentación a los digestores para conversión de biogás. La mezcla de estiércol con cultivos energéticos u otros flujos de residuos para la digestión anaerobia es una opción atractiva para aumentar la producción de biogás en un proceso de co-digestión.

Residuos agrícolas y forestales. Son aquellos que se generan a partir de cultivos de leña o hierba, y los producidos en el desarrollo de actividades propias de estos sectores. Ejemplo: paja de cereales, rastrojo de maíz, desperdicio del procesamiento de hortalizas y frutas entre otros. Por su parte, los residuos forestales, en buena parte son el resultado del mantenimiento y mejora de las montañas y masas forestales, cuando se hacen podas, limpiezas, etc. y, por otra, de los residuos resultantes de cortar los troncos de los árboles para hacer productos de madera.

Residuos urbanos – Fracción orgánica de rellenos sanitarios. Los rellenos sanitarios son una fuente importante de biogás que puede ser utilizado con fines energéticos, como combustible o para la generación de energía eléctrica.

Residuos industriales. Los residuos procedente de diferentes industrias tales como: la cervecera, azucarera, de alimentos y procesamiento de frutas, entre otras; que como resultado de su operación generan una gran cantidad de subproductos o residuos que pueden servir de materia prima para la conversión de biogás. Los residuos de alimentos y aceite de cocina también son incluidos como residuos industriales.

Cultivos energéticos (Producción agrícola especializada). Los cultivos energéticos (en el contexto de la producción de biogás) son plantas agrícolas cultivadas específicamente para la alimentación en plantas de biogás. Los cultivos energéticos típicos en Europa y América del Norte son el maíz y el sorgo dulce. En el norte de Europa la remolacha azucarera está ganando importancia. La mezcla de estiércol y maíz es una materia prima común para las plantas de biogás en las granjas de Europa.

Maderas. La biomasa preveniente de la madera no se considera adecuada para la producción

anaeróbica de biogás debido a su alto contenido de lignina. Sin embargo, la madera puede ser convertida en metano mediante un proceso de gasificación térmica; el producto obtenido se conoce como gas natural sintético ó gas de síntesis.

Bioenergía. Es la energía renovable basada en la utilización energética de la materia orgánica formada por vía biológica o productos derivados de ésta. La biomasa puede proporcionar energía de forma directa, por combustión, o a través de compuestos derivados tales como alcoholes, ésteres de ácidos grasos procedentes de la hidrólisis de aceites o gases de gasógenos o de digestión anaeróbica.

3. Metodología

La investigación se fundamenta en la búsqueda, almacenamiento, tratamiento y análisis de documentos de patentes y publicaciones científicas en un lapso aproximado de 10 años. Se emplearon las plataformas:

1. PatentInspiration® <https://patentinspiration.com/> para las patentes
2. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/> para documentos científicos.

Tabla 2: Estrategia de Búsqueda

Plataforma	Estrategia de búsqueda	Resultados
PatentInspiration®	(biogás OR "bio-gas" OR "methane gas" OR biomass) AND (C02F3/28 OR C02F11/04 OR C10L3/00 OR C12P5/02)	2401
ScienceDirect	(biogás OR "bio-gas" OR "methane gas" OR biomass)	24.819

La Tabla 2 describe la ecuación de búsqueda empleada en las bases de datos y los resultados publicados la cantidad de registros obtenidos para durante el periodo 01/01/2009 a la actualidad. Para las patentes se aplicaron los siguientes filtros: búsqueda en campo título, sin la inclusión de no incluir documentos que tengan vacíos en el título o resumen, y considerando una patente por familia. En el caso de las publicaciones científicas, el filtro fue por tipos de documentos; estados del arte y artículos de investigación.

Los códigos que se observan en la Tabla 2, pertenecen a la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) y corresponden a tratamientos biológico de las aguas residuales (C02F3/28), tratamiento aeróbicos de los lodos (C02F11/04), producción de combustibles gaseosos (C10L3/00) y preparación de hidrocarburos cíclicos (C12P5/02) como los principales procesos para la obtención del biogás.

4. Resultados y discusión

4.1. Revisión de Patentes

Las patentes muestran el rendimiento tecnológico de los países, constituyen un indicador de las actividades más cercanas al desarrollo de una determinada tecnología. En tal sentido, se aprovecha la información técnica disponible en estos documentos como fuente de consulta para la identificación y descripción de métodos, procedimientos, tecnologías y procesos orientados al aprovechamiento del biogás y otros energéticos a partir de residuos orgánicos.

Patentes empleando residuos de origen animal

La patente registrada bajo el código CN103923948A [8] describe un método para la co-producción y preparación de etanol, biogás y biodiésel utilizando residuos orgánicos. El proceso inicia con un pretratamiento de la lignocelulosa empleada como materia prima, seguido de una fermentación de azúcar por enzimólisis y fermentación de etanol, adicionando estiércol de ganado y de aves al residuo de enzimólisis, se realiza la fermentación anaeróbica para producir biogás a partir de insectos saprófagos, orgánicos. Las aguas residuales se utilizan para cultivar microalgas, y los insectos y las microalgas para preparar el biodiésel, se adopta un sistema de conversión y utilización de los residuos de los cultivos de orgo dulce,

caña de azúcar, batata morada y otras plantas que contienen azúcar; así como otras fuentes de almidón, grasa y celulosa para la producción de fuentes de energía biológica.

Los residuos ganaderos son, en la mayoría de países, los materiales orgánicos que se generan en mayor cantidad por estar vinculados con el suministro a la población de proteína animal. Su gestión adecuada y aprovechamiento energético genera tres importantes beneficios ambientales, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia de la gestión de los estiércoles mediante sistemas convencionales; eliminación de un residuo con alto potencial contaminante, debido a su contenido en nitrógeno y sustitución del consumo de combustibles fósiles. Adicionalmente contribuyen a la diversificación y garantía del suministro eléctrico, disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y fomento del empleo [9].

Las heces generadas por los animales es una fuente importante de materia orgánica para producir biogás. La patente CN101358209A las emplea como material para preparar biogás bajo tierra, por fermentación anaeróbica. El proceso inicia agregando estiércol líquido o lodo activo a una temperatura de 58°C ± 1°C, el período de degradación de las heces y el lodo se puede acortar; las bacterias dañinas se pueden esterilizar a fondo para garantizar su inocuidad. Por otro lado, los residuos de biogás de post-fermentación y la mezcla de biogás son utilizadas como abono orgánico de alta calidad y el calor residual producido se puede utilizar para el suministro de calor de fermentación o la conservación y de calor para la fábrica [10].

Es importante mencionar que antes de introducir los sustratos al digestor, se requiere en la mayoría de los casos una preparación previa, que consiste básicamente en la trituración del material y su mezclado con agua. El contenido de sólidos dentro del digestor anaeróbio puede variar entre 3 y 10 % dependiendo si cuenta con un dispositivo de mezclado en el interior que mantiene una concentración mayor de sólidos [11].

El proceso de digestión anaeróbia proporciona niveles de biogás importantes para la valoración energética pero a su vez, genera fluidos con contenido de nutrientes que pueden ser utilizados para la producción de fertilizantes orgánicos. La patente CN106518533A proporciona un método para obtener un fertilizante orgánico, preparado a partir de 207-247 partes de excremento de ganado y aves de corral, 188-228 partes de orina de ganado y aves de corral, 95-135 partes de cenizas de plantas, 85-110 partes de hojas de árboles, 85-110 partes de restos de paja, 55-80 partes de un agente de descomposición rápida del material de biogás, 50-65 partes de ácido húmico, 50-75 partes de un agente microbiano y 65-80 partes de desechos vegetales. Se obtiene biogás a partir de un proceso de fermentación. Del proceso de fermentación se produce biogás y el fertilizante obtenido mejora de manera efectiva las características del suelo [12].

Patentes empleando residuos de efluentes industriales

Las industrias lácteas, cerveceras, conserveras, azucareras y similares producen residuos con elevada carga orgánica, idónea para la generación de biogás. El tratamiento de las aguas residuales generadas en estas industrias permitirá, en muchos casos, auto abastecer su propia demanda energética a partir del aprovechamiento de sus efluentes.

La patente registrada bajo la codificación CN104630282A utiliza biomasa filtrada junto al proceso de tratamiento de aguas residuales de un restaurante; la técnica combina la adsorción y la fermentación para producir metano. La tecnología trata eficazmente los efluentes procedentes de las cadenas alimenticias [13], al mismo tiempo que se cubre la demanda energética requerida por este sector.

Patentes empleando residuos de origen vegetal

La producción de aceite palma genera residuos con elevada carga orgánica, que pueden ser aprovechados no solo para generar biogás sino para producir biofertilizantes. La patente KR20150141405A incluye los siguientes pasos para la producción de fertilizantes orgánicos: secar y pulverizar los materiales de biomasa generados durante el proceso de producción de aceite de palma; separar de la torta de lodo, filtrar el aceite restante y las aguas residuales; convertir las aguas residuales filtradas

en biogás en un reactor anaeróbico; desulfurar y deshidratar el biogás, almacenar el resultado en un tanque de almacenamiento para gas; suministrar una caldera con el biogás almacenado en el tanque y el polvo de biomasa pulverizado, quemar el biogás y el polvo de biomasa; generar vapor en un intercambiador de calor y electricidad mediante la conducción de una turbina de vapor [14].

Patentes empleando residuos de sectores mixtos

En el sector agrícola y pesquero se ubico la patente KR20130086671A con la protección de un método que permite producir biogás a alta velocidad a partir del ensilaje de subproductos agrícolas y pesqueros con estiércol de porcino [15]. La invención consiste en mezclar los subproductos agrícolas y de la pesca; seguido de la fabricación de ensilaje de los subproductos mixtos; y digestión anaeróbica del ensilado mixto con materia porcina. El ensilaje se fabrica mezclando subproducto de pesca con granos de cerveza, a una proporción de 50:50, según el estándar de materia seca.

Manteniendo el enfoque en el sector agroindustrial y agropecuario, se describe una patente de origen Brasilero (BR102012005977A2) en la que se produce biogás, fertilizante sólido orgánico y agua reutilizable en sistemas agroindustriales. El método consiste en someter los residuos orgánicos líquidos en biodigestores para la producción de metano; el efluente se conduce hasta el reactor químico para la extracción de sales minerales. Seguidamente, es conducido hasta tanques hidropónicos para cultivo de macrófitas que utilizan los nutrientes remanentes como fuente, removiendo las sales y obteniendo agua reutilizable. El decantado del reactor químico y las algas macrófitas cultivadas son conducidas hasta el secador de residuos orgánicos y sometidos a composta físico-química-mecánica para la producción de fertilizantes sólidos orgánicos. Con el proceso planteado obtiene una nueva aplicación y conjugación de los principios y equipamientos conocidos, que genera nuevos resultados con la producción metano y fertilizantes orgánicos sólidos, además de agua potencialmente reutilizable en sistemas agroindustriales [16].

Todos los residuos orgánicos generados por el hombre pueden ser valorizados y transformados en nuevos materiales útiles. Aquellos generados en nuestros hogares, empresas y agricultura pueden ser dispuestos en un fermentador sellado y sometido por bacterias anaeróbicas para generar biogás y energía por cogeneración.

La patente TW201335078A de la Universidad Nacional de Tecnología Chin-Yi [17] establece a altas temperaturas la condensación de los gases para recuperar el calor residual, luego el dióxido de carbono enfriado se introduce en el cultivador de microalgas como nutriente para la fotosíntesis de las microalgas y generar oxígeno. Las microalgas obtenidas son empleadas como materia prima de biodiésel.

La energía generada a partir de la co–generación está disponible para el funcionamiento de lámparas LED con una longitud de onda específica con la finalidad de promover la fotosíntesis de las microalgas durante la noche. En resumen, el método produce energía y oxígeno a partir de residuos orgánicos, reduce el calor residual y el dióxido de carbono. Después de la fermentación, se obtiene un fertilizante orgánico y una vez recuperado el aceite las microalgas sirven de alimento. La invención comprende un generador de biogás, un co–generador, un depósito de energía, un condensador de gas, un dispositivo de reciclaje de calor y un cultivador de microalgas.

4.2. Revisión de publicaciones científicas

Las publicaciones científicas son documentos que aportan datos experimentales a escala de laboratorio, permiten conocer e identificar los nuevos productos, mejoras de procesos, avances tecnológicos, etc en el área de bioenergéticos desarrollados.

Investigaciones referentes a la producción de biogás a partir de residuos de origen animal

Los residuos procedentes del estiércol animal constituyen el combustible por excelencia para la generación de biogás. La producción del biogás mediante está fuente no es muy alta, debido a su elevado contenido en nitrógeno y excesiva liquidez para el proceso; no obstante con pretratamientos físico-químicos es posible aumentar el

potencial de producción de biogás. Investigadores chinos evaluaron la cantidad y distribución de la producción de excrementos de ganado (LE) de 14 especies. Los resultados obtenidos permitieron identificar una gran producción de LE procedente del ganado (incluido el ganado de tiro, de carne y vacas lecheras), seguido de las ovejas (incluidas las cabras), aves de corral (pollos de engorde, pollos, patos y gansos), cerdos y otros animales (caballos, burros, mulas, camellos y conejos), durante el periodo 2013–2015. Adicionalmente, se estimo el total anual de residuos de LE para el 2015 arrojando un valor de 141.5 Mt, equivalente a un potencial de biogás de 60,6 mil millones de m^3 (miles de millones se refiere a 1×10^9). El análisis de los escenarios predijo que para el año 2030, el LE anual podría oscilar entre 201,1 y 258,9 Mt, lo que corresponde a un potencial de biogás de 86-111 billones de m^3 [18]. Sin embargo, en la actualidad, el 60 % de LE no es recuperado y es abandonado en los criaderos de ganadería a escala comercial, desperdiciando un tremendo potencial de producción de biogás que se podría aprovechar con una fuente de energía. Los resultados del estudio muestran las oportunidades que existen para mejorar el manejo de LE y la crianza de ganado de manera ecológica en el territorio nacional.

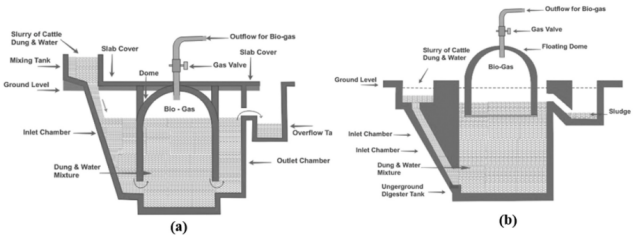


Figura 2: Ilustración esquemática de (a) modelo de reactor de cúpula fija (chino), y (b) modelo de reactor de cúpula flotante (indio).

Estudios realizados por Khalil et al. exponen que Indonesia ha producido una gran cantidad de desechos orgánicos en forma de estiércol animal, contenido de sangre y rumen que podrían proporcionar una enorme cantidad de recursos para la producción de biogás, y posteriormente usarse directamente para cocinar, iluminar y generar electricidad. Además, los subproductos orgánicos (digeridos) obtenidos del proceso, pueden emplearse para diversos fines agrícolas. Sobre la base reportada por los investigadores, se determinó que el potencial de biogás que puede generarse a partir de desechos animales (incluyendo estiércol, sangre y contenido de rumen) fue de hasta 9.597,4 Mm^3/año, lo que se traduce en 1.7×10^6 KWh/año de electricidad, aproximadamente [19]. La Figura 2 muestra un modelo de biodigestor de cúpula fija y un modelo de biodigestor de cúpula flotante.

Investigaciones referentes a la producción de biogás a partir de residuos de origen vegetal

En el ámbito de la producción de biogás desde residuos vegetales, Vega [20] evaluó la hidrólisis del bagazo de caña de maíz y aserrín de laurel para la obtención de azúcares fermentables usando las enzimas celulasa producidas por los hongos celulolíticos *Trichoderma atroviride*, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp. Se desarrolló la producción de bioetanol empleando dos técnicas de fermentación, una por sacarificación y fermentación simultánea y otra por fermentación discontinua empleando *Saccharomyces cerevisiae*.

Los cultivos de maíz, caña de azúcar o aceite de palma, usualmente son conocidos como cultivos bioenergéticos porque de sus residuos de cosecha o procesamiento es posible obtener biocombustibles. Sin embargo, existen más cultivos similares, como la soya, la jatropha y el ricino. En México, Debernardi et al. determinaron la energía disponible a partir de biomasa de residuos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Muestrearon 25 ingenios azucareros y establecieron que para la cosecha 2013-2014 se molieron 52.246.508 toneladas de caña, la biomasa aprovechable energéticamente provenía del bagazo y las puntas de tallo. Se determinó que el poder calorífico inferior o neto promedio obtenido por tonelada de caña molida representó un total de 57.277.234,6 TJ de energía disponible, equivalentes a 9.870.441,8 barriles de petróleo, de los cuales 6.698.332,1 son utilizados como fuente de energía en las calderas de los propios ingenios del país [21].

El bagacillo de caña, el polvillo de fique y el afrecho de yuca, residuos agroindustriales típicos del departamento de Cauca, se caracterizan por ser biomasa lignocelulósica y al mismo tiempo

residuos agroindustriales, subproducto de origen agrícola de interés para la producción de biodiésel y otros biocombustibles. Muñoz et al evaluaron el aprovechamiento como biocombustible térmico y biorefinería de residuos y sus mezclas a partir de la determinación de sus propiedades térmicas, fisicoquímicas y morfológicas. Se realizaron ensayos exploratorios de pretratamientos y posibles usos, y se concluyó que el polvillo de fique sin mezclarse y la mezcla a partes iguales de bagacillo de caña, polvillo de fique y afrecho de yuca son aptas para la producción de biodiésel [22].

Por otro lado, algunas investigaciones relacionadas a la producción de biogás emplean diferentes especies de algas para optimizar el proceso y obtener biomateriales valiosos. Una investigación liderada por Karray *et al* [23]. utiliza Ulva rígida, una macroalga verde disponible en abundancia en el Mediterráneo, para investigar los efectos de varios inóculos en procesos de digestión anaeróbica. Los resultados revelaron que el mejor inóculo para producir biogás y alimentar un reactor anaeróbico se obtiene mezclando macroalgas descompuestas con lodo anaeróbico y agua, produciendo 408 ml de biogás. El proceso se investigó en un reactor por lotes de secuenciación que llevó a una producción total de biogás de 375 ml con 40 % de metano. Se realizaron estudios adicionales de co–digestión en un biorreactor anaeróbico de flujo ascendente utilizando aguas residuales de la industria azucarera como un co–sustrato. Con un 75 % de metano se obtuvo un alto rendimiento de producción de biogás de 114 ml/g en función del metano agregado.

La co–digestión propuesta por Karray y colaboradores permitió la recuperación de metano natural y proporcionó una alternativa prometedora a la fermentación microbiana anaeróbica convencional a partir de macroalgas verdes tunecinas.

Investigaciones referentes a la producción de biogás a partir de residuos de origen industrial

Los residuos generados en la industria de alimentos contienen concentraciones importantes de material orgánico que pueden ser valorizados en el proceso de tratamiento. La publicación de Acosta *et al.* [24] ofrece un panorama global de la aplicabilidad del tratamiento anaeróbico de vinazas de destilerías en reactores UASB para la producción de biogás, con fines energéticos. Emplearon reactores anaerobios de flujo ascendente, o Up Flow Anaerobic Sludge Blanket, conocido por sus siglas en inglés como UASB reactor, siendo los más utilizados para tratar vinazas de destilerías a escala industrial. La desventaja principal de estos reactores es que las aguas residuales no deben contener altos valores de sulfatos ni sólidos suspendidos, dado que disminuye el rendimiento de biogás por inhibición de la bacterias metanogénicas. Las experiencias a escala de laboratorio, piloto e industrial; de los procesos planteados demostraron la factibilidad técnica de producción de biogás a partir de residuales de la industria Sucro–alcoholera cubana, en especial las vinazas de destilería, las cuales poseen altas cargas orgánicas e impactan al medio, si no son tratadas adecuadamente.

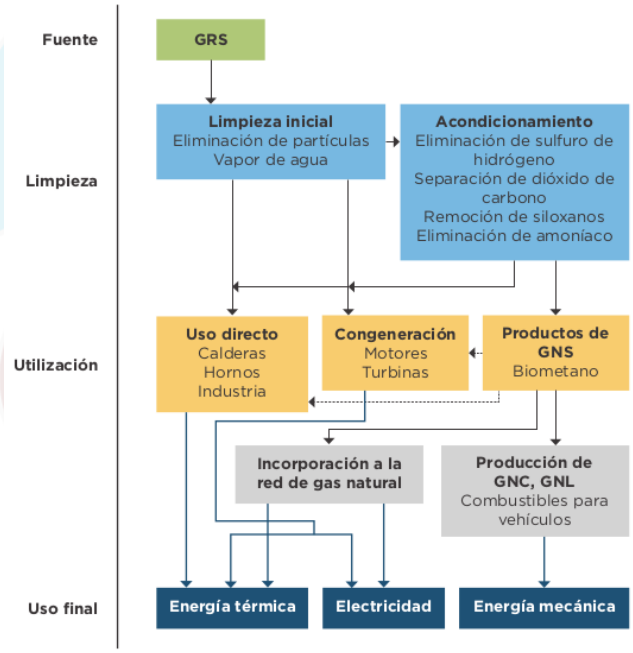


Figura 3: Tratamiento y usos del biogás.

El biogás obtenido de los rellenos sanitarios (GRS) puede utilizarse como fuente de energía térmica, para la generación de electricidad o para la producción de un combustible de alto poder calorífico (ver Figura 3). El uso de GRS para la producción de electricidad es una de las aplicaciones

más beneficiosas, aunque el resultado del proyecto depende de varios factores entre los que hay que considerar aspectos técnicos, económicos, y de gestión, así como redes eléctricas a la demanda a ser suplida. Según el uso que se hará del GRS, se aplican tratamientos primarios que incluyen la remoción de vapor de agua, condensados, material partículado y espuma, o secundarios que remueven sulfuro de hidrógeno, siloxanos, y otros contaminantes como amoníaco, halógenos, e hidrocarburos aromáticos [25].

5. Conclusiones

Las investigaciones realizadas tanto a nivel de las patentes como publicaciones científicas indican que los residuos orgánicos producidos a escala industrial, municipal y doméstica tienen un importante potencial de aprovechamiento en la generación de bioenergía, presentándose como una alternativa que permitirá cumplir con los criterios de sostenibilidad demandados por la sociedad actual y la propia industria. Es necesario impulsar procesos ecoeficientes, "produciendo más con menos" con métodos que involucren fuentes renovables de carbón a partir de residuos agrícolas y biomasa, orienta la valorización de los subproductos, incorporando nuevas materias primas no críticas sin comprometer las generaciones futuras.

La valorización y el empleo de los residuos de biomasa seca y húmeda generados en el sector industrial pueden ser aprovechados para la producción de biogás, para consumo en calefacción o energía eléctrica, así como promover el empleo de biocombustibles en el transporte.

Es posible la valorización energética de los residuos generados en la industria ganadera, agrícola, forestal y de producción de alimentos en general. Análogamente, los residuos urbanos y los efluentes generados por la actividades domésticas pueden utilizarse como fuente de energía térmica, para la generación de electricidad o para la producción de un combustible de alto poder calorífico.

Las industrias lácteas, cerveceras, conserveras, azucareras y similares producen residuos con alta carga de materia orgánica, muy adecuados para el aprovechamiento energético. El tratamiento de las aguas residuales de estas industrias son apropiadas para la generación de biogás, lo que permitirá, en muchos casos, auto abastecerse a partir de la energía generada. En el sector de producción de aceite de palma es posible aprovechar los residuos, no solo para generar biogás sino para producir biofertilizantes. El aprovechamiento del biogás es la mejor alternativa de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio porque poseen alto potencial de reducción de gases de efecto invernadero.

Referencias

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Guía sobre el biogás desde la producción hasta el uso. Technical report, Ministerio Federal de Alimentación, Agricultura y Protección al Consumidor (BMELV), Alemania, 2010.

[2] M.G. Ortiz-Gallardo, R. Ortiz-Eleveño, G.M. Gómez-Alvarado, and C.A. Torres-de Loera. Reporte de inteligencia tecnológica: Biocombustibles gaseosos. Reporte técnico, Instituto Mexicano del Petróleo, México.

[3] C. Andrade, A. Corredor, L. Buitrago, and A. Lache-Muñoz. Procesos bioquímicos utilizados para la producción de bioetanol, biodiésel y biogás y su estado en Colombia. *América Semilleros Formación Investigativa*, 3(1):101–117, 2017.

[4] S. Lede. Los biocombustubles. Technical report, Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología, 2009.

[5] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Manual de biogás. Technical report, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile, Chile, 2011.

[6] D. Hidalgo, G. Antolín, I. Alvarellos, P. Remor, J. Martín, F. Corona, A. Ureña, D. Díez, G. Sandoval, R.E. Bolaños, I. Salazar, H.G. Jiménez, G. Dávila, J.G. Peña, N. Tancredi, A. Amaya, F.R. Posso, and N.M. Mantilla. Producción de biometano para combustible de

transporte a partir de residuos de biomasa. Reporte técnico, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2018.

[7] A. Pascual, B. Ruiz, P. Gómez, X. Flotats, and B. Fernández. Situación y potencial de generación de biogás. estudio técnico per 2011–2020. Reporte técnico, Instituto para la Diversificación y ahorro de la Enegía, España, 2011.

[8] Q. Li, S. Liu, W. Li, B. Hao, and Z. Yu. CN103923948A, Co–production method for preparing ethanol, biogas and biodiesel by using organic waste, 2014.

[9] Agencia Andaluza de la Energía. Estudio básico del biogas. Estudio Técnico 1, Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, Sevilla, España, 2011.

[10] P. Meizhong and Y. Zhang. CN101358209A, Technique for preparing biogas by high-temperature anaerobic zymosis method using animal manure as raw material, 2009.

[11] B. Weber, M. Rojas-Oropeza, M. Torres-Bernal, and L. Pampíllón-González. Producción de biogás en México, Estado actual y perspectivas. Technical Report 5, Red Mexicana de Bioenergía, México, 2012.

[12] Z. Yuan. CN106518533A, An organic fertilizer adopting livestock and poultry excrement as raw materials and a preparing method thereof, 2017.

[13] F.E. Zhang, L. Wang, C. Mengjie, D. Fu, L. Dong, and C. Lei. CN104630282A, Biomass coupling treatment technology combining adsorption and fermentation, 2015.

[14] W. Kim-Seung, Y. Park-Tae, S. Yang-Kwon, and S. Park-Chan. KR20150141405A, Generating and bio-fertilizer producing method using palm bio-mass and bio-gas, 2015.

[15] H. Kim-Sang and I. Sung-Kyung. KR20130086671A, High rate biogas production method by using agricultural and fishery by-product silage with swine manure, 2013.

[16] M. Brener-Magnabosco, M.A. Barth-Tucunduva, A.L. Dos-Santos, M.A. Da–Costa, G. Ramos-De-Oliveira, C.E. Zacarkim, L.F. Souza-Gómes, P. Stremel-Dile, and D. Djair-Dos-Santos. BR102012005977A2, Process for the industrial use of liquid organic waste for production of biogas (methane); organic solid fertilizer organomineral and/or source of nutrients for plants and for obtaining reusable water systems in agroindustrial, 2015.

[17] Y.K. Tseng and Wang T.C. TW201335078A, Method and device of refining biodiesel from cultivated microalgae based on power generated by biogas, 2013.

[18] W. Bao, Y. Yang, T. Fu, and G.H. Xie. Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in china. *Journal of Cleaner Production*, 229:1158–1166, 2019.

[19] M. Khalil, M.A. Berawi, R. Heryanto, and A. Rizalie. Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105:323–331, 2019.

[20] M.A. Vega-Marín. *Uso de residuos celulosicos de la agroindustria para la produccion de bioetanol*. PhD thesis, Pontifica Universidad Católica del Ecuador, 2010.

[21] H. Debernardi-De La Vequia, H. Ortiz-Laurel, and D. Rosas-Calleja. Energía disponible a partir de biomasa de residuos de caña de azúcar (saccharum spp.). *Biomass residues*, 9(7):68–73, 2016.

[22] D. Muñoz, A. Pantoja, and M. Cuatin. Aprovechamiento de residuos agroindustriales como combustible y biorefinería. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2):10–19, 2014.

[23] R. Karray, F. Karray, S. Loukil, N. Mhiri, and S. Sayadi. Anaerobic co-digestion of tunisian green macroalgae ulva rigida with sugar industry wastewater for biogas and methane production enhancement. *Waste Management*, 61:171–178, 2017.

[24] Y.L. Acosta, FfD. López, and M.G. Capote. Producción de bioenergía a partir del tratamiento anaerobio de vinazas de destilerías en reactores uasb. *Revista Centro Azúcar*, 41:78–93, 2014.

[25] G. Blanco, E. Santalla, V. Córdoba, and A. Levy. Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos: Un análisis teórico-práctico. Technical report, Banco Interamericano de Desarrollo, 2017.

Volumen 5, número 15, agosto, 2019.

Rules for submitting articles – Section Science and Technology

Editorial line

Ciencia en Revolución journal will consider for its diffusion original and unpublished works in the scientific – technological scope.

All manuscripts that are received for publication will be subject to arbitration by experts in the area, through the double blind system. The author must accept this arbitration.

Type of Manuscripts

Ciencia en Revolución will accept the following works for publication

1. Articles of technological trend, prospective studies of medium and long term R+D+i of high utility in the industrial field with a maximum of eighteen (18) pages.
2. Unpublished research articles with a maximum of twenty (20) pages.
3. Technical notes with a maximum of five (5) pages.
4. Articles of scientific update that summarize the State of the Art of a specific area referring to what to do scientific - technological with a maximum of twelve (18) pages.
5. Article special invited with a maximum of twenty (20) pages.
6. Articles of scientific disclosure.
7. Letters to the editor.

Commitment

Submitting an article to Ciencia en Revolución, the work author is committed to formal so that the paper is original and unpublished, he shows his knowledge of Ciencia en Revolución standards and that his work will be refereed. The author must sign a commitment letter upon receipt.

Article Style

Articles may be sent either in Spanish or English. The original work should be written using LaTeX, or in WORD, or in Libre Office Writer. The Office works must employ a fount of family Time, to be stored in compact disk and to present three copies in physical. The works will be accepted through the e-mail of the journal.

The labored in LaTeX must include the files pdf, tex and a folder with the figure in eps (or png).

Figures

Figures must be preferable in pdf, eps or png format (also admit jpg format, if these are of high quality) must to be added in records separated and numbered. Figures caption or descriptions can not be into these, must be includes in the text of the work and in a file apart called Figure Caption.

Legends or descriptions of the figures can not be embedded in them, they must be included in the text of the work and in a separate file called Legend of Figures. Should be cited and sufficiently discussed in the text, the quote would be in the form: “in Figure 3” without abbreviating the word figure. These must be numbered in Arabic (1,2, ...) consecutive throughout the work.

Tables

Tables can not be protruded by any type of color. Only the texts to be produced by means of “bold type”. Also must to be included in others files numerated and it is necessary to include a file with table caption.

All tables must be numbered in Arabic (1, 2, ...), cited and sufficiently commented in the text from work. The quote would be in the form: “in Table 2”, for example (without abbreviating). All board or figure must have a wide maximum of 17,5cm.

Writing order

The order to follow for the writing of the work is the following:

1. Title Page,
2. Introduction,
3. Methodology or Research Development,
4. Analysis and Discussion of Results, and References
5. Conclusions,
6. References.

Title page should contain:

- Title of the work in Spanish and English, maximum 20 words.
- Full name(s) of author(s) with Full Institutional Address(es) (Address, Telephone, Email).
- Summary of the work in Spanish and in English (Abstract) with a maximum of 200 words for Unpublished, State of the Art articles and Technical Notes.
- At the end of the Summary in Spanish and Abstract in English three to five (3 to 5) Key Words should be added.

The headings of each section are written title type, capitals only in the first letter.

Text references must contain the name of the main author followed by the corresponding number of reference; for example: Jhonson [9], or simply [9] with no author name.

References will be written in order of citation, complete and should contain: author(s) (in caps and lower case), full title, journal, volume, number, pages and year of publication. For example:
G.O. Beale, F.J. Arteaga, and W.M. Black, Design and Evaluation of a Controller for the Process of Microwave Joining of Ceramics. *IEEE Transactions of Industrial Electronics*. 39(4), 301–312, 1992.

In the case of Books: Author(s) (in caps and lower case), *title*, publisher, place and year of publication should be included. For example:
J.M. Hill and J.N. Dewynne, Heat Conduction. *Blackell Set. Pub.*, London, 1987.

Work in an edited collection: Author(s) (in caps and lower case), title. In: editor, *title*, volume, publisher, place and year. For example:
S.L. Kalla and L. Galué, Generalized fractional, in *Calculus*. Global Publishing Company, USA, 145-178, 1997.

The following types of works can be cited:

1. Articles of scientific journals.
2. Articles of conference proceedings.
3. Articles in collections.
4. Books.
5. Chapters in a book.
6. Memories of congresses.
7. Doctoral theses.
8. Masther theses.
9. Special grade works.
10. Technical reports.
11. Technical manuals.
12. Patents.
13. Norms and laws.

It is not allowed to quote electronic addresses or web pages.

It is recommended to the authors to follow the International Nomenclature Norms (symbols, units and abbreviations).

1. Final Notes

Articles will be submitted for the reviewing process before they can be published. Offprints can be sent for article with a request from the Author(s). Any charge will be arranged by mutual agreement.

Ciencia en Revolución
Centro Nacional de Tecnología Química,
CNTQ
Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda,
Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez,
Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química,
La Carlota, Chacao, Caracas, Estado Miranda,
Venezuela.
Código Postal 1064.
Teléfonos:
(+58-212) 239.81.25,
882.65.61, 555.09.75;
Correo–e: revista.cntq@gmail.com

Volumen 5, número 15, agosto, 2019.

Normas para la presentación de artículos – Sección Ciencia y Tecnología

Línea editorial

La Revista Ciencia en Revolución considerará para su difusión trabajos originales e inéditos en el ámbito científico – tecnológico.

Todos los manuscritos que sean recibido para su publicación serán sometidos a arbitrajes de expertos en el área, mediante el sistema de doble ciego. El autor debe aceptar este arbitraje.

Tipos de trabajos

Ciencia en Revolución aceptara para su publicación los siguientes trabajos

1. Artículos de tendencia tecnológica, estudios de prospectiva de I+D+i a medio y largo plazo de alta utilidad en el campo industrial con un máximo de dieciocho (18) paginas.
2. Artículos de investigación inéditos con un máximo de veinte (20) páginas.
3. Notas técnicas con un máximo de cinco (5) páginas.
4. Artículos de actualización científica que resuman el Estado del Arte de un área específica referente al que hacer científico – tecnológico con un máximo de doce (18) páginas.
5. Artículo invitados especiales con un máximo de veinte (20) páginas.
6. Artículos de divulgación científica.
7. Cartas al editor.

Compromiso

Al enviar un artículo a la Revista Ciencia en Revolución, el autor del trabajo está comprometido en forma formal, que el trabajo es original e inédito, manifiesta su conocimiento de las normas de la revista y que su trabajo será arbitrado. Debe firmar una carta compromiso al momento de su recepción.

Estilo

La redacción de los trabajos puede realizarse en idioma castellano o inglés. El trabajo original debe ser redactado en formato LaTeX o en su defecto en Microsoft Word. Los trabajos en Word deben emplear una fuente de la familia Times. Los trabajos serán aceptados a través del correo de la Revista.

Los trabajos en LaTeX deben incluir los archivos pdf, tex y una carpeta comprimida con las figuras en eps (o png).

Figuras

Las figuras deben estar en formato vectorializado preferiblemente png o eps (también se admiten los formatos CompuServe gif o jpg, si estas son de alta calidad y trabajó en word) deben añadirse en archivos independientes y numeradas. Cada figura debe ser enviada en un archivo gráfico independiente.

Las leyendas o descripciones de la figuras no pueden estar embutidas en éstas, deben ser incluidas en el texto del trabajo y en un archivo aparte llamado Leyenda de Figuras. Deben ser citadas y suficientemente comentada en el texto, la cita sería en la forma: “en la Figura 3” sin abreviar la palabra figura. Estas deben ser numeradas en arábicos (1,2, . . .) consecutivos a lo largo de todo el trabajo.

Tablas

Las tablas no pueden ser resaltadas por ningún tipo de color. Solamente los textos a resaltar mediante “negritas”. También deben incluirse las tablas en archivos aparte numerados y es necesario incluir un archivo con las leyendas de las tablas. Toda tabla debe ser numerada en arábicos (1, 2, . . .), citadas y suficientemente comentada en el texto del trabajo. La cita sería en la forma: “en la Tabla 2”, por ejemplo (sin abreviar).

Orden de Redacción

El orden a seguir para la redacción del trabajo es el siguiente:

1. Portada
2. Introducción
3. Metodología o Desarrollo de la Investigación
4. Análisis y Discusión de Resultados
5. Conclusiones
6. Referencias Bibliográficas.

La portada debe contener: Título del trabajo en castellano y en inglés, con un máximo de 20 palabras. Nombre(s) del autor(es) y su dirección(es) institucionales completa(s), correo electrónico del autor para correspondencia (sólo será publicado el correo electrónico del autor para correspondencia).

Resumen del trabajo en castellano y en inglés (Abstract) con una extensión máxima de 200 palabras. Al final tanto del resumen como del abstract debe agregarse entre tres (3) a cinco (5) palabras clave.

Los encabezamientos de cada sección se escriben tipo título, mayúsculas sólo en la primera letra.

Citas. Las citas de referencias en el texto, contendrán el nombre del autor principal seguido de corchetes con

el número correspondiente a la referencia, por ejemplo: Beale [9], o simplemente el número de la referencia bibliográfica [9], sin citar al autor.

Referencias Para los artículos en LATEX se usará el estilo de bibliografía "unsrt". Las referencias bibliográficas se escribirán en orden de citación, deben ser completas y contener todos y cada uno de los datos para identificarla.

Se pueden citar:

1. Artículos de revistas científicas.
2. Artículos de memorias de congresos.
3. Artículos en colecciones.
4. Capítulos en un libro.
5. Memorias de congresos.
6. Libros Tesis doctorales.
7. Trabajo de grado de materia.
8. Trabajos especiales de grado.
9. Informes técnicos.
10. Manuales técnicos.
11. Patentes.
12. Normas y leyes.

No se permiten direcciones electrónicas ni páginas web.

En el caso de artículos de revista contendrán: Autor(es) (Inicial del Nombre, Apellidos). Título. Nombre de la revista, volumen, número, páginas y año de publicación. Por ejemplo: [9] G.O. Beale, F.J. Arteaga y W.M. Black, Design and Evaluation of a Controller for the Process of Microwave Joining of Ceramics. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 39(4), 301–312, 1998.
En caso de libros ha de incluirse: Autor(es), título, editorial, lugar de publicación y año de publicación. Por ejemplo: [9] J.M. Hill y J.N. Dewynne, Heat Conduction. *Blackell set. Pub.*, London, 1992
En caso de colección editada:
Autor(es). Título, En: editor, año, título, volumen, editorial, lugar, número de páginas y año de publicación. Por ejemplo: [11] S.L. Kalla y L. Galué (1993): Generalized fractional Calculus. *Global Publishing Company*, USA, 145–178.

Se recomienda a los autores tener en cuenta las normas internacionales de nomenclatura para la utilización de símbolos, unidades y abreviaturas.

Notas finales

Los artículos se enviarán para el proceso de revisión antes de publicarse. Se pueden enviar copias del artículo con una solicitud del autor (es). Cualquier cargo será arreglado por mutuo acuerdo.

Ciencia en Revolución
Centro Nacional de Tecnología Química,
CNTQ
Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda,
Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez,
Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química,
La Carlota, Chacao, Caracas, Estado Miranda,
Venezuela.
Código Postal 1064.
Teléfonos:
(+58-212) 239.81.25,
882.65.61, 555.09.75;
Correo–e: revista.cntq@gmail.com

Volumen 5, número 15, agosto, 2019.

Carta de compromiso

Envíe con su trabajo la siguiente carta al Comité Editorial de Ciencia en Revolución.

Ciudadanos
Editor(a) en jefe y demás
Miembros del Comité Editorial
de la revista Ciencia en Revolución
Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. (s) el manuscrito del trabajo titulado:

_____

_____

para que sea sometido a evaluación para la publicación. Manifiesto que este trabajo es original e inédito, no ha sido publicado, no es duplicado, ni redundante; no está siendo sometido simultáneamente a arbitraje para su publicación por ningún medio de difusión, que los datos son originales y verídicos, que el autor y los coautores ceden los derechos de publicación en la revista Ciencia en Revolución, que el trabajo, tanto en su texto como las tablas y figuras ha sido elaborado de acuerdo a las Instrucciones para los Autores, publicadas por Ciencia en Revolución y que las referencias son directamente relacionadas con el trabajo.

Se designa como autor de correspondencia al autor o coautor que lo indique, con quien el Comité Editorial mantendrá comunicación a través del correo electrónico revista.cntq@gmail.com, quien será responsable ante autores y coautores y dará respuesta rápida a los requerimientos del Comité Editorial. No se conocen conflictos de intereses y de haberlos los autores y coautores están obligados a indicarlo en el original junto a la fuente de financiamiento.

Firma: _____

El autor para correspondencia.

Revista
CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Volumen 5, Número 15, agosto, 2019.

Centro Nacional de Tecnología Química

Autoridades

Consejo Directivo

Dra. Magaly Henríquez González
Presidenta

Dr. Marcos Rosa-Brussin
Universidad Central de Venezuela

Dr. Edgar Ocando
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

Dr. José Gregorio Biomorgi
Universidad Central de Venezuela

Dra. Nadia Sánchez Rachaus
Petroquímica de Venezuela

MSc. Cesar Alejandro Basanta
Instituto de Tecnología Venezolana para el Petroleo

Lcda. Geraldina Palm de Pulido
Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica

Lcda. María Laura Chona
Dirección Ejecutiva

Dr. Samuel Villanueva Velásquez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

Lcda. Dayana Arreaza
Gerencia de Articulación y Alianza Interinstitucional

Lcda. Adriana Córdoba
Gerencia de Talento Humano

Lcda. Doris Rodríguez
Gerencia de Administración y Apoyo Técnico

Econ. Robert Guzmán
Gerencia de Planificación, Presupuesto, Seguimiento y Control

Abg. Dilia Romero
Consultoría Jurídica

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

La revista *Ciencia en Revolución* es una publicación periódica digital de la fundación Centro Nacional de Tecnología Química, entidad adscrita al Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología. Es arbitrada y en proceso de indexación. Se publica cada cuatro meses. Se aceptan trabajos en Castellano e Inglés. Todos los trabajos son revisados por el Comité Editorial, Arbitrados por el Comité Técnico y especialistas en la materia.
Dirección Postal: Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, Piso PB, Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química, Sector La Carlota, Chacao, Caracas, Miranda, 1064, Venezuela.
Correo – e: revista.cntq@gmail.com
Página Web: https://cntq.gob.ve/index.php/revista-digital-ciencia-en-revolucion.

"El valor de un científico debería medirse por la calidad de su trabajo, la originalidad de sus ideas y la influencia que ellas tienen sobre sus colegas, por su capacidad de formar y estimular a otros más jóvenes, de crear escuela, por la intensidad y continuidad de su esfuerzo"

Oscar Varsavsky.

Síguenos en nuestras redes

www.cntq.gob.ve



@CNTQ_Vzla



Centro Nacional de Tecnología Química



CNTQ

Ciencia en Revolución, ISSN-e: 2610–8216, CNTQ, Mppct