**ESTRATEGIA Y TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVOS PROCESOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS**

**Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías**

**Procedure for evaluating alternatives to transform sugarcane industry facilities into biorefineries.**

**Autores:**

Ana Celia de Armas Martínez, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: anaceliaam@uclv.cu Erenio González Suárez, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba.

E- mail: erenio@uclv.edu.cu

Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas, Universidad Tecnológica de La Habana

E-mail: lourdes@quimica.cujae.edu.cu

Hilda Oquendo Ferrer; Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte”

E-mail: hilda.oquendo@reduc.edu.cu

Fernando Ramos Miranda, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

E-mail: framos@ucf.edu.cu

**Resumen:**

• Problemática: El desarrollo de fábricas de azúcar como biorrefinerias debe ejecutarse como acciones concretas en los estudios específicos para convertir paulatinamente las fábricas de azúcar en biorrefinerias.

• Objetivo(s): Elaborar y validar científicamente un procedimiento para la transformación paulatina de fábricas de azúcar en biorrefinerias.

• Metodología: Se utilizan los métodos de estrategia en la Ingeniería de Procesos para en su conjugación proponer un procedimiento

• Resultados y discusión: Se incluye un diagrama heurístico para estos estudios y los pasos de la propuesta de transformación de fábricas de azúcar en biorrefinerias en una concepción general que debe adecuarse a cada caso específico, lo que permitirá obtener aportes metodológicos al procedimiento.

• Conclusiones. Los estudios para la propuesta de transformación de fábricas de azúcar como biorrefinerias deben abordarse por especialistas de diferentes disciplinas trabajando armónicamente hacia un objetivo común.

La aplicación práctica del procedimiento ofrecerá criterios enriquecedores del procedimiento, por lo que debe tornarse solo como una guía para la acción

Palabras clave: Ciencia, Gestión, Industria, Innovación, Procesos químicos

**Abstract:**

• Problem: The development of sugar factories as biorefineries must be carried out as concrete actions in specific studies to gradually convert sugar factories into biorefineries.

• Objective (s): Develop and scientifically validate a procedure for the gradual transformation of sugar factories into biorefineries.

• Methodology: Strategy methods are used in Process Engineering to propose a procedure in conjunction

• Results and discussion: A heuristic diagram is included for these studies and the steps of the proposal for the transformation of sugar factories into biorefineries in a general conception that must be adapted to each specific case, which will allow obtaining methodological contributions to the procedure.

• Conclusions. Studies for the proposed transformation of sugar factories as biorefineries must be approached by specialists from different disciplines working harmoniously towards a common goal.

The practical application of the procedure will offer enriching criteria for the procedure, so it should only be used as a guide for action.

Keywords: Science, Management, Industry, Innovation, Chemical processes

**1. Introducción**

Un problema apremiante del desarrollo económico de las regiones con disponibilidad de caña de azúcar es la reanimación de esta industria, por lo que la competitividad de este sector industrial será siempre de primera necesidad. Para ello se debe tener en consideración que la caña de azúcar es una planta con un espectro prácticamente infinito de aprovechamiento para la fabricación de diferentes productos, entre los cuales el azúcar ocupa, hasta la fecha, un lugar primordial.

Desde hace varios años, el azúcar viene enfrentando una situación de incertidumbre como producto de comercialización internacional. Por esta razón ha sido interés de los países productores de caña de azúcar el desarrollo de una estrategia para incrementar su competitividad. La misma ha incluido como acción fundamental la diversificación de la industria mediante el uso integral de la caña de azúcar, como materia prima, para la obtención de derivados y subproductos.

Como se conoce, el incremento de las investigaciones y la disminución de los plazos para la aplicación práctica de los resultados científicos, van convirtiendo a la ciencia en un instrumento fundamental para el desarrollo de las fuerzas productivas de la sociedad y el perfeccionamiento de la vida social en su conjunto.

Una impronta de la época es que la tecnología incide cada vez más en las posibilidades empresariales. El desarrollo tecnológico de la industria química, está vinculado también a la incertidumbre, por lo que se requiere pasar de la perspectiva tecnológica tradicional, que no posibilitó el desarrollo, a una prospectiva tecnológica. Esta prospectiva tecnológica tendrá que apoyarse necesariamente en un análisis multilateral y pormenorizado de los factores y cambios tecnológicos de la empresa, para lo cual debería cumplirse una previsión global, cualitativa y múltiple que cumpla el requisito de ser instrumento para la acción.

La caña de azúcar es una importante fuente alternativa de energía con grandes posibilidades para la producción de derivados de la industria azucarera. Estas características, unidas a la necesidad de recuperación de la industria de crudos y refinos, requieren que se acelere el desarrollo diversificado del sector azucarero, aun en las limitadas condiciones actuales.

Para lo anterior, como se ha previsto para el modelo de gestión de gobierno orientado a la ciencia y la innovación se establece una organización similar a la de un proyecto, en el que se requiere de la colaboración coordinada de los actores, la identificación precisa del alcance, los objetivos, responsables, equipos multidisciplinarios de varias instituciones, recursos, las actividades, los plazos y costos para el cumplimiento de las metas definidas (Díaz Canel y Delgado; 2021) en lo cual un procedimiento para la evaluación de oportunidades de desarrollo es primordial razón que justifica este trabajo y en lo cual, la enseñanza superior debe jugar un papel protagónico, debido a que es la base de la formación de los cuadros de alto nivel para las diferentes ramas de actividad económica y social del país, asegurándoles una sólida preparación científico, técnica, cultural y humana preparación técnica y profesional cuyo objetivo es prepararlos para el ejercicio de una profesión y/o especialidad, para responder a las necesidades del país (Alvarez;2021).

**2. Metodología**

Las biorrefinerías asociadas a la industria de la caña de azúcar

La crisis energética que se vislumbra con el agotamiento paulatino de los combustibles fósiles y el efecto negativo que ha tenido en el medio ambiente, ha demandado la atención de los científicos y empresarios hacia el uso de las fuentes renovables de energía. La plataforma industrial de productos químicos tales como ácido acético, láctico, levulínico, combustibles líquidos como bioetanol y plásticos biodegradables, pueden fabricarse a partir de fuentes maderables y otras biomasas lignocelulósicas (Hua-Jiang Huang et al, 2008)

El concepto de que la biomasa es fuente de productos químicos y energía ha estado siempre presente en el pensamiento científico. No obstante, se debe reconocer que se ha valorado con la visión parcial de utilizar algunas de sus partes en destinos específicos, incluso en lo que sin duda ha sido la visión más avanzada como una vía de diversificar las producciones de la industria de la caña de azúcar y no con una concepción de uso integral de la biomasa (González y Castro; 2012).

“La idea actual debe ser fraccionar la biomasa atendiendo a obtener no uno, sino varios subproductos que sean susceptibles a la vez, cada uno fuente de materia prima para un determinado producto que tenga una demanda en el mercado, que puede ser pequeña en cantidad, pero como mercado al fin, en un concepto de economía de regiones, permite viabilizar la rentabilidad de las instalaciones industriales, al plantearse en símil con las refinerías de petróleo una gama de productos que satisfagan diversas demandas, quizás con algunos productos líder de alta demanda como pueden ser además del azúcar, el etanol, la electricidad, todo ello estableciendo el concepto de biorrefinería de la caña de azúcar”(García et al,2015).

En esta proyección, el enfoque de aprovechar integralmente la biomasa disponible, como fuente de productos químicos y energía, con apoyo del concepto de biorrefinería, mediante la conversión de los azúcares que están en los materiales lignocelulósicos a etanol en primer término, es un camino para optimizar la ganancia de la energía solar.

Lo anterior permite que la energía solar incorporada en el crecimiento de las plantaciones agrícolas y considerando un producto líder como el etanol, mediante el fraccionamiento inicial de la biomasa, una diversidad de productos químicos de alto interés (Schacht et al; 2008).

El concepto de biorrefinería constituye una vía para lograr las producciones limpias en la producción de etanol de primera, segunda y tercera generación desde la biomasa. Se ha definido como biorrefinería “una instalación donde, mediante diversos procesos de transformación de la biomasa, se genera bioenergía (calor, electricidad, biocombustibles) y un amplio espectro de bioproductos (materiales, productos químicos, alimentos y piensos), requiriéndose para ello la integración de diferentes procesos y tecnologías en una misma instalación” (Manual sobre biorrefinerías en España, 2017). La definición muestra que las biorrefinerías no necesariamente incluyen un único proceso o tecnología, y que pueden desarrollarse diferentes rutas en función de las materias primas utilizadas y los productos a obtener.

Por otro lado, como se conoce, uno de los factores limitantes para utilizar la biomasa como fuente de energía y también de productos químicos, es lo referente al aseguramiento de su recolección y transporte hacia el lugar de destino. La logística existente para la transportación de la caña de azúcar, y el bagazo con ella, hasta un complejo fabril productor de azúcar, susceptible de estar integrado material y energéticamente con otras instalaciones industriales, abre una perspectiva de transformar paulatinamente las fábricas de azúcar en verdaderas biorrefinerías que emplean integralmente la caña de azúcar como fuente de productos químicos y energía. Estas instalaciones cuentan con facilidades de producción de la energía en forma de electricidad y vapor que se requieren para los procesos de obtención de azúcar. Además de tener una cultura tecnológica de explotación y mantenimiento de estos procesos auxiliares, lo que les facilita la capacidad de aprendizaje tecnológico para la asimilación de nuevas producciones.

En este sentido, se ha avanzado mucho en la producción de etanol de los sustratos azucarados derivados de la industria de la caña de azúcar, tanto de las tradicionales tecnologías en las que se emplean las mieles finales como principal fuente de azúcares fermentables, como las emplean jugo de los filtros, jugos secundarios o mezclas de los mismos. En paralelo a ello, la disponibilidad del bagazo como producto sobrante, después de garantizada la energía necesaria en el proceso, ha dado origen a instalaciones de productos derivados tales como tableros, papel y furfural en el proceso de diversificación de la industria de la caña de azúcar, lo que debe implicar los estudios de integración material y energética en cada instalación estudiada (González et al, 2015). Además están disponibles el análisis de las instalaciones existentes con apoyo de medios de simulación (Morales et al; 2010) y la evaluación de alternativas de productos (Mesa et al; 2009), lo que es sin dudas fuente de retos científicos que pueden estar dirigidos a la aplicación de técnicas de optimización en la solución de problemas reales (Albernas et al; 2014), en los que el uso específico de los diseños experimentales contribuye a minimizar la incertidumbre (Concepción et al; 2021).

Los avances en los procesos biotecnológicos y la demanda creciente del etanol como biocombustible líquido han permitido la tecnología de la producción de etanol de residuos lignocelulósicos en un problema cardinal de la ciencia y la técnica, debido a que existe el potencial, de conocimientos para ello y la necesidad practica conjugando los dos factores que hacen un problema cardinal en la Ciencias debido a que el bagazo sea un material lignocelulósico con gran potencial para la producción de etanol y otros productos de interés dentro del concepto de biorrefinerías. No obstante, aunque el etanol representa al producto líder para el desarrollo de una biorrefinería, no se pude perder de vista que en esta industria se dan, o pueden darse, todos los procesos tecnológicos de conversión de biomasa en productos de alto valor agregado (Mesa et al; 2009). Además, al considerar la biomasa como la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de disímiles actividades (Salapa et al., 2017; Dong et al., 2019) y con características diversas, se tendrá que utilizar un abanico de tecnologías para fraccionarla en sus compuestos intermedios (como proteínas, azúcares, aceites y fibras / ligninas), los que se procesan por diferentes vías hasta convertirlos en productos de base biológica comercializables y/o bioenergía (Hingsamer and Jungmeier, 2019).

La heterogeneidad de la biomasa y sus numerosas posibilidades de conversión multiplican los posibles esquemas de operación que se pueden desarrollar en una biorrefinería. Esta variedad hace que su clasificación esté en función de aspectos fundamentales como materia prima utilizada, productos de plataforma obtenidos, proceso utilizado y grado de integración (Martín and Martín, 2017; Castilla et al, 2019) , en lo que es factible incrementar el uso de las energía renovables (González et al; 2019).

En las biorrefinerías se utiliza una variedad de métodos de separación para producir coproductos de alto valor, de manera que en ellas estarán presentes las etapas esenciales de:

* Procesos de fraccionamiento y extracción.
* Tecnologías de conversión sean termoquímicas o bioquímicas;
* Los procesos de separación y purificación de los productos.

Esto implica que una dirección de trabajo científico de relevancia es la concepción de una adecuada estrategia para el aprovechamiento de cualquier tipo de biomasa como fuente de productos químicos y energía, lo que puede contribuir acertadamente a la formación científica de los universitarios vinculados al proyecto. En particular, la competitividad económica de la obtención de etanol lignocelulósico depende de varios factores inherentes a sus insumos, el aprovechamiento de las corrientes intermedias del proceso industrial y sus residuos como fuente de coproductos aguas abajo.

Por ello el estudio de los aspectos técnico económicos es también una dirección de trabajo científico, para lo cual se requiere desarrollar y validar procedimientos adecuados a las condiciones específicas de cada contexto (González y Castro; 2012) para lo cual se requiere desarrollar y validar procedimientos adecuados a las condiciones específicas de cada contexto (Pérez et al; 2012) de manera que el desarrollo de fábricas de azúcar zen el concepto de biorrefineria tiene que adecuarse a la especificidad de las unidades en estudio (González et al, 2019b)..

La elección de un esquema de producciones múltiples a partir de la caña de azúcar en el concepto de biorrefinería de una instalación específica estará determinada por las características y actividades de la región en la que se produzca, lo que además propiciará y demandará, al ser la economía de los productos obtenidos con la biomasa fuente de empleo, impactos positivos en el contexto local de la sociedad y comunidad, que deberán ser evaluados y beneficiados en el desarrollo y propuesta de cada caso de estudio en el proyecto.

Objetivos previstos como resultado de la aplicación de la metodología de investigación

Un estudio que tenga como objetivo evaluar las alternativas de desarrollo tecnológico y económico en condiciones ambientalmente compatibles, fundamentado en el concepto de biorrefinería de instalaciones de la industria de la caña de azúcar, que conlleven al empleo de tecnologías más limpias, la obtención de azúcar como un producto líder, coproductos químicos y de alimentación animal, que viabilicen la competitividad de estas instalaciones del Grupo Empresarial AZCUBA debe responder a objetivos específicos tales como:

* Determinar las posibles oportunidades de negocios, de la fabricación de productos químicos en instalaciones de la industria de la caña de azúcar de Cuba que sean potencialmente factibles, considerando las demandas del mercado, las materias primas existentes y las tecnologías utilizables.
* Estudiar y evaluar a escala industrial el impacto de la introducción de tecnologías que utilicen integralmente la caña de azúcar como fuente de materias primas para productos químicos de alto valor agregado y biocombustibles, de ser posible de forma conjunta, en el concepto de biorrefinería.
* Estudiar posibilidades de encadenamientos productivos, en polos de la industria de la caña de azúcar, para la fabricación de productos químicos de alto valor agregado, asociadas a otras producciones de amplio interés para el mercado nacional y la exportación.
* Evaluar alternativas de obtención por vía transformativa de productos químicos a partir de los subproductos y residuos de la producción de etanol en el concepto de economía circular, como vía para disponer de materias primas de la caña de azúcar.
* Estudiar alternativas de programa inversionistas para la conversión segura, paulatina y fiable de instalaciones de producción de azúcar en el concepto de biorrefinerías, con adecuados esquemas de integración material y energética, considerando el impacto ambiental y las solicitudes de los clientes.
* Metodología a utilizar para enfrentar el problema

Con apoyo de los métodos de estrategia de Ingeniería de Procesos en la industria química y fermentativa, el diseño experimental y los métodos de prospectiva tecnológica, la metodología para enfrentar el problema se sintetiza en:

* Elaborar y aplicar un procedimiento para el desarrollo paulatino de fábricas de azúcar como biorrefinería que considere los problemas de incertidumbre asociados a la industria de procesos químicos y que se apoye en métodos matemáticos de investigación.
* Determinar posibilidades de introducir nuevas tecnologías para oportunidades de negocios, mediante análisis de vigilancia tecnológica de patentes y la literatura científica internacional, sobre las posibilidades de fabricación de productos químicos, de alto valor agregado, bioetanol, y coproductos a partir del uso integral de la caña de azúcar como fuente sustratos azucarados en el concepto de biorrefinería.
* Estudios específicos para la conversión de los polos productivos o complejos industriales, de la industria de la caña de azúcar, en complejos fabriles en el concepto de biorrefinerías, contribuyendo a la matriz química del país y valorando soluciones de economía circular.
* Evaluación técnica, económica, energética y ambiental, mediante el análisis y síntesis de procesos de alternativas de incremento paulatino de las producciones químicas en la industria de la caña de azúcar.

**3. Resultados y discusión**

**El procedimiento para el desarrollo paulatino de fábricas de azúcar como biorrefinería**

El procedimiento para el desarrollo paulatino de fábricas de azúcar como biorrefinería que considera las recomendaciones específicas para la industria de la caña de azúcar en la formulación de oportunidades de negocios (Rabassa et al, 2016) se presenta en la Figura 1 que se ha propuesto en de Armas, et al (2021a) sobre la base de las consideraciones generales y específicas de cada caso como se ha referido en de Armas et al, (2021b).

:

Inicio

Determinar la demanda de productos que se requieren

Vigilancia tecnología sobre posibilidades de

biorrefinería en la instalación industrial

Propuesta de biorrefinería con obtención de

coproductos en la instalación industrial

Estudio de los esquemas materiales y energéticos en

las instalaciones industriales

¿Hay disponibilidad

de materia prima?

Definición y cuantificación de corrientes intermedias

que pueden emplearse en otras producciones

Estudio experimental del aprovechamiento como

materia prima de las diferentes fracciones

¿Es factible emplear las

corrientes intermedias?

Estudio de los esquemas

materiales y energéticos

con la extracción de las

corrientes intermedias

Estudio de las condiciones de diseño de sistemas continuos y

discontinuos para la optimización de instalaciones industriales

¿Están instaladas las

tecnologías?

Estudios de asimilación

de tecnologías

Estudios tecnológicos y de impacto ambiental, uso del agua e

impacto en las fuentes naturales de agua

1

2

No

No

No

Sí

Sí

Sí

Determinar la integración material y energética

óptima de cada proceso

Definir las posibilidades técnicas reales de las

producciones en la biorrefinería propuesta

¿Es técnicamente

posible?

Definir una función técnico económica del esquema

integrado que conjugue demanda de productos,

disponibilidad de materias primas, probabilidad de trabajo

sin fallo y restricciones energéticas y ambientales

Optimización técnico económica de las producciones y

capacidades instaladas y de las nuevas propuestas,

minimizando los costos inversionistas y de producción

¿Son factibles

económicamente?

Determinar la ruta crítica inversionista para incrementar la

rapidez en la recuperación de las inversiones

No

No

Sí

Sí

2

1

Fin

Figura 1. Diagrama heurístico del procedimiento para el desarrollo paulatino de una fábrica de azúcar como biorrefinería (Elaboración propia)

**Los pasos se presentan en el diagrama heurístico de la figura 1 incluyen:**

1. Realizar análisis de vigilancia tecnológica de patentes y la literatura científica internacional, sobre las posibilidades de producción de un producto líder (bioetanol u otros), y coproductos a partir del uso integral de la caña de azúcar como fuente sustratos azucarados.

2. Estudio crítico de los esquemas materiales y energéticos de las instalaciones industriales en estudio para su posible conversión a biorrefinerías.

3. Determinación de la disponibilidad actual y prospectiva, considerando la incertidumbre, de la caña de azúcar como fuente de productos químicos y energía.

4. Determinación de la demanda de los posibles productos a obtener en una biorrefinería de caña de azúcar según las prioridades establecidas.

5. Definir las posibles corrientes intermedias destinadas a la producción de azúcar, sus derivados o residuos (Jugo de los filtros; jugos pobres, vinazas; etc.) que pueden ser utilizados directamente o mezclado para otras producciones

6. Determinar cuantificadamente el impacto de la extracción de corrientes intermedias destinadas a la producción de azúcar, sus derivados o residuos en la calidad y nivel de producción de azúcar u otros productos o la agresividad de los residuales

7. Formular las ecuaciones de los balances materiales y energéticos actuales y prospectivos que conjuguen los problemas de incertidumbre en la demanda de posibles productos y la disponibilidad de la caña de azúcar asociada a la instalación en estudio como fuente de productos químicos y energía, considerando las posibles extracciones.

8. Estudio, con apoyo de la vigilancia tecnológica, el trabajo experimental y la simulación, de alternativas de aprovechamiento como materias primas de las diferentes fracciones de las producciones del producto líder como vía de resolver los problemas de impacto ambiental negativo de las producciones del producto líder.

9. Estudio de las condiciones de diseño de sistemas continuos y discontinuos para la optimización de instalaciones industriales productoras del producto líder y coproductos combinando como fuente de materias prima el uso integral de la caña de azúcar.

10. Asimilación, escalado y evaluación industrial de diferentes alternativas de nuevas tecnologías del producto líder (etanol u otro) y coproducto utilizando integralmente la caña de azúcar.

11. Determinar la disponibilidad de las instalaciones existentes y la prevista de las nuevas instalaciones propuestas considerando la probabilidad de trabajo sin fallo de los equipos.

12. Definir una función técnico económico del proceso global integrado que conjugue la demanda de productos, la disponibilidad de las materias primas, la probabilidad de trabajo sin fallo y las restricciones energéticas y ambientales para ser considerada en la optimización.

13. Optimización técnico económica de las producciones y capacidad instalada inicial de la propuesta de biorrefinería considerando la incertidumbre en los recursos de biomasa disponible, la capacidad instalada (Oquendo et al; 2016) y la demanda de los posibles productos en condiciones energéticamente sustentables y ambientalmente compatibles.

14. Determinar la Ruta Critica inversionista para incrementar la rapidez de la recuperación de las inversiones en las alternativas de desarrollo de cada fábrica de azúcar como biorrefinería partiendo de las instalaciones existentes seleccionadas.

**4. Conclusiones**

1. Los estudios para la propuesta de transformación de fábricas de azúcar como biorrefinerias deben ser abordados por especialistas de diferentes disciplinas que trabajen de forma armónica hacia un objetivo común.
2. El propósito esencial debe ser crear una determinada capacidad anticipatoria de la acción de las empresas, de la preparación de concepciones y propuestas a tomar y de la evaluación del presente, que persiga establecer los nexos de éste con los posibles cambios futuros.
3. Esta función gerencial debe ser considerada como componente de un sistema anticipatorio más amplio de gestión estratégica que tiene la misión fundamental de tratar de anticipar el conocimiento acerca de las condiciones cambiantes del mundo exterior de la organización y de ella misma, así como de contribuir a la estrategia de formular oportunidades de negocios de la mejor manera.
4. La aplicación práctica del procedimiento sin dudas ofrecerá criterios enriquecedores de aspectos esenciales en su formulación, por lo que debe tornarse solo como una guía para la acción

**5. Referencias bibliográficas**

1. Álvarez Enríquez, G. F. (2021). El enfoque Ciencia - Tecnología – Sociedad en la gestión del talento humano docente. Revista Universidad y Sociedad, 13(1),150-158.
2. Albernas Carvajal, Y. M. González Cortés, G. Corsano, Erenio González Suárez. (2014a)Optimal Design of pre- fermentation and fermentation stages applying nom linear programming. Energy Conversion and Management. Volumen 87, November 2014.1195-1201 ISSN: 0196-8904. doi.org/10.1016/j. econman.2014.011 DOI: 10.1016/j.enconman.2014.04.011
3. Castilla, J., O’Flaherty, V., Lens, P. 2019. Biorefineries: Industrial innovation and tendencies. Biorefinery. Springer, Chem, pp 3-35. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5\_1.
4. Concepción Toledo, D. N., González Suárez, E., López Bastida, E. J., & Ramos Miranda, F. (2021). Gestión del conocimiento en la proyección científica de la industria química mediante diseños experimentales. Revista Universidad y Sociedad, 13(2), 446-451.
5. de Armas Martínez A.C., Albernas Carvajal Y., Corsano G., González Suárez E. (2021a) Proposal for a Biorefinery in a Cuban Sugar Industry Taking Advantage the Biomass. In: Rossit D.A., Tohmé F., Mejía Delgadillo G. (eds) Production Research. ICPR-Americas 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1408. Springer, Cham. First Online, 12 May 2021, DOI, https://doi.org/10.1007/978-3-030-76310-7\_12, Publisher Name, Springer, Cham, Print ISBN 978-3-030-76309-1, Online ISBN, 978-3-030-76310-7 ISSN 1865-0929 ISSN 1865-0937 (electronic) Communications in Computer and Information Science ISBN 978-3-030-76306-0 ISBN 978-3-030-76307-7
6. de Armas Martínez, Ana Celia, E González Suárez, Lourdes Zumalacarregui de Cárdenas, V./ Kafarov ; Hilda Oquendo Ferrer, Fernando Ramos Miranda, Yailet Albernas Carvajal. (2021b)Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías Revista Universidad y Sociedad, V 12, Nro 5, Septiembre \_Octubre, 2021 Revista del Máximo Nivel
7. Díaz-Canel Bermúdez, M. M., & Delgado Fernández, M. (2021). Gestión del gobierno orientado a la innovación: Contexto y caracterización del Modelo. Revista Universidad y Sociedad, 13(1), 6-16.
8. Dong, Ch., Wang, Y., Wang, H., Ki Lin, K.S., Hsu, H.Y., Leu, S.Y. 2019. New generation urban biorefinery toward complete utilization of waste derived lignocellulosic biomass for biofuels and value added products. Energy procedia, 158, pp 918-925. 10.1016/j.egypro.2019.01.231
9. García Prado R.; A. Pérez Martínez; K. Diéguez Santana; L. Mesa Garriga; I González Herrera; M. González Cortes; E González Suárez (2015) Incorporación de otras materias primas como fuente de azúcares fermentables en destilerías existentes de etanol. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía. No 75, pp-130-142. 2015. https://DOI: 10.17533/udea.redin.n75a13
10. González Cortés, M; Pedraza Gárciga, J; Clavelo Sierra, D A y González Suárez, E. (2015) Incertidumbre en la integración de procesos para el desarrollo de Biorrefinerías. Centro Azúcar, Vol. 42, No 3. pp. 10-22. pp. 30-38. ISSN: 22234861.
11. González Suárez, E.; E. Castro Galiano. (Editores) “Aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar en el concepto de biorrefinería”. Editorial Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo. Jaén, España. ISBN: 978-84-8439-609-3.2012.
12. González Suárez, E.; A C de Armas Martínez, V Kafarov, J E Miño Valdés, Fernando Ramos Miranda Propuestas de desarrollo de instalaciones de la industria de la caña de azúcar como biorrefinerias Revista de Extensionismo, Innovación y Transferencia de Tecnologías claves para el desarrollo; http://dx.doi.org/10.30972/eitt.604403. 321-328 ISSN 2422-6424 F de C Exactas y Naturales - UNNE - Revista del Nivel Medio
13. González Suárez, E., Ana C. de Armas Martínez, Marlen Morales Zamora, Mayra Guzmán Villavicencio; (2019) Posibles incrementos del uso de energías renovables en el desarrollo de fábricas de azúcar como biorrefinerías. Revista de Extensionismo, Innovación y Transferencia de Tecnologías claves para el desarrollo; Volumen 5 2018-2019, ISSN: 2422-6424? DOI: 10.30972 Revista del Nivel Medio
14. Hingsamer, M., Jungmeier, G. 2019. Biorrefineries. Resources, Technologies, Sustainability and Policy, pp. 179-222. Disponible en: https://doi. Org /10.1016/B978-0-12-813056-8.00005-4
15. Hua-Jiang Huang, Shri Ramaswamy, U.W. Tschirner, B.V. Ramarao. A review of separation technologies in current and future biorefineries. Separation and Purification Technology 2008, 62 (1), 1-21. https://doi.org/10.1016/j. seppur.2007.12.011
16. Manual sobre biorrefinerías en España. BioPlat, SUSCHEM. 2017. Disponible en: http:// www. bioplat.org/setup/upload/modules\_docs/content\_cont\_URI \_4020 .pdf
17. Martín, P., Martín, J. 2017. Biorrefinerías basadas en explotaciones agropecuarias y forestales. Materiales elaborados como parte del Proyecto de Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza PIIDUZ\_16\_276. España. Disponible en: https://ocw.unizar.es/ocw/pluginfile.php/915/mod\_resource/ content /1/Manual%20del%20curso.pdf
18. Mesa, L.; E. González; N. López; C. Caro, E. Castro (2009). “Posibilidades de la industria azucarera como biorefinería mediante el fraccionamiento de la caña de azúcar en la producción más limpias de etanol. Centro azúcar, 36(2): 55-61, abril-junio, 2009 ISSN: 0253-5777
19. Morales M., Verelst H., Mesa L. and Gonzales E., (2010), Simulation of furfural production process for revamping with ethanol technology from lignocellulosic residuals, Chemical Engineering Transactions, 21, 967-972 DOI: 10.3303/CET1021162
20. Oquendo Ferrer, H. E. González Suárez, N. Ley Chong y M. F. Nápoles García.(2016) Cálculo de capacidades de producción iníciales óptimas considerando elementos de incertidumbre. Centro Azúcar, Vol. 43, No. 2, pp. 24- 34. http://scielo.sld.cu/scielo. php?script =sci\_arttext&pid=S2223-48612020000400090&lng=es&tlng=en
21. Rabassa Olazábal G, E González Suárez, J. E. Miño Valdés A Pérez Sánchez, A Pérez Martínez. Procedimiento para la evaluación de oportunidades de negocio en la industria azucarera. Visión de futuro Año 13, Vol. 20, No 2, Julio –diciembre, 2016, pp. 53-174. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2223-48612020000400090&lng=es&tlng=en
22. Salapa, I., Katsimpouras, C., Topakas, E., Sidiras, D. 2017. Organosolv pretreatment of wheat straw for efficient ethanol production using various solvents. Biomass Bioenergy, May 2017, 100, pp. 6-10. DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.03.011
23. Schacht, C. Carsten Zetzl, Gerd Brunner,(2008).From plant materials to ethanol by means of supercritical fluid technology. J. of Supercritical Fluids, 46, pp. 299– 321. DOI: 10.1016/j.supflu.2008.01.018