

# 10

Fecha de presentación: febrero, 2018

Fecha de aceptación: mayo, 2018

Fecha de publicación: julio, 2018

## EVALUAR SUSTITUIR

ENZIMAS COMERCIALES POR NATIVAS DESDE LA UNIVERSIDAD:  
UN INTANGIBLE PARA EL DESARROLLO LOCAL

### EVALUATE TO REPLACE COMMERCIAL ENZYMES BY NATIVES FROM THE UNIVERSITY: AN INTANGIBLE FOR LOCAL DEVELOPMENT

MSc. Carmen Amelia Salvador Pinos<sup>1</sup>

E-mail: [pochassalvador@gmail.com](mailto:pochassalvador@gmail.com)

Dr.C. Erenio González Suárez<sup>2</sup>

E-mail: [erenio@uclv.edu.cu](mailto:erenio@uclv.edu.cu)

Dra. C. Diana Niurka Concepción Toledo<sup>2</sup>

E-mail: [dianac@uclv.edu.cu](mailto:dianac@uclv.edu.cu)

<sup>1</sup> Universidad Central de Ecuador. República del Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Salvador Pinos, C.A., González Suárez, E., & Concepción Toledo, D. N. (2018). Evaluar sustituir enzimas comerciales por nativas desde la Universidad: un intangible para el desarrollo local. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 69-74. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

#### RESUMEN

La esencia de una de las funciones extensionistas de la universidad, radica en compartir el conocimiento y fomentar el diálogo permanente con todos los actores de la sociedad. Ella es depositaria de un arsenal de información que aprovechada de forma eficiente, puede contribuir al desarrollo social, propósito que se convierte en su objetivo fundamental y razón en que basa su pertinencia. Se ha comprobado que la efectividad en la deslignificación del bagazo (masa celulignítica) es mucho mayor en la hidrólisis enzimática, al evitar el uso de grandes cantidades de energía y productos químicos que encarecen de forma general los procesos hidrolíticos. Esta condición los sitúa en una posición ventajosa al permitir la sacarificación de la celulosa presente en los residuos lignocelulíticos, con el objetivo de obtener por esta vía una variedad de productos químicos. En este artículo se aborda la posibilidad de evaluar la sustitución de enzimas comerciales por nativas de la región de Ecuador y sus impactos en el orden económico y social, desde una visión académica, en la que se promueve una alternativa para la creación de intangibles que posibilitan el fortalecimiento del papel de la universidad para avanzar hacia el modelo de desarrollo sostenible, basado en la utilidad del conocimiento.

**Palabras clave:** Enzimas, residuos lignocelulíticos, procesos hidrolíticos, intangible.

#### ABSTRACT

The essence of one of the university's extensionist functions lies in sharing knowledge and fostering permanent dialogue with all actors in society. It is the repository of an arsenal of information that if used efficiently, can contribute to social development; a purpose that becomes its fundamental objective and the reason it bases its relevance. It has been proven that the effectiveness in the delignification of bagasse (cellulignitic mass) is much greater in enzymatic hydrolysis, by avoiding the use of large amounts of energy and chemicals that make hydrolytic processes more expensive. This condition places them in an advantageous position by allowing the saccharification of the cellulose present in the lignocellulitic waste, with the aim of obtaining in this way a variety of chemical products. This article deals with the possibility of evaluating the substitution of commercial enzymes by natives of the region of Ecuador and their impacts on the economic and social order, from an academic perspective, in which an alternative is promoted for the creation of intangibles that enable the strengthening of the university's role to advance towards the model of sustainable development, based on the usefulness of knowledge.

**Keywords:** Enzymes, lignocellulitic residues, hydrolytic processes, intangible.

## INTRODUCCIÓN

Cuenta la mitología griega que Prometeo entregó a los hombres la sabiduría. Pero la realidad es que el hombre ha desarrollado los saberes. En la actualidad es imprescindible orientar sabiamente el rumbo del conocimiento, ya que el vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología ha colocado a la humanidad en la cúspide del bien y del mal (Valdés, et al., 2004).

Es preciso conocer mejor los procesos técnicos, su impacto y sus inter-relaciones con la evolución económica para que tanto los individuos como los gobiernos pueden comprender e influir en el progreso técnico y encausarlo (UNESCO, 1997). La ciencia, convertida en una fuerza productiva basada en la generación de conocimientos para la búsqueda de soluciones a estos problemas, será la base que puede asegurar un desarrollo sostenible a mediano plazo y puede además resolver la problemática del desarrollo (Concepción & González, 2013).

Es importante recordar los inmensos esfuerzos de Fidel por hacer de Cuba un país de hombre de ciencias, idea que intentó expandir para el resto de los pueblos de América que han apostado por los nobles propósitos de la sostenibilidad, pues, como subrayó, los maestros deben sentir la necesidad de saber hacia dónde encaminan sus razonamientos, *porque todos los que enseñamos tenemos una tarea por delante: conducir a los que llegan a nosotros y guiarlos por la senda oscura.*

En el recién clausurado 11no. Congreso Internacional de Educación Superior, el Dr. Eusebio Leal Spengler, refiriéndose al compromiso personal de los hombres de ciencia de hoy, enfatizó en que ese compromiso no puede ser pasivo y dijo que *...Es necesario vivir, crear y fundar, y cada uno de nosotros debe hacerlo en la medida de sus posibilidades.*

Esta advertencia convoca a que cada cual, desde la posición que ocupa en su rango profesional, debe tener en cuenta cómo contribuir a que su labor pueda conducir a resolver un problema en la sociedad y más aun cuando estos tiempos exigen del profesional comprometido, su aporte a la sostenibilidad del mundo.

Las enzimas son compuestos degradadores, pertenecen a las proteínas de forma globular, funcionan como unidades funcionales del metabolismo celular, actúan acelerando reacciones químicas biológicas como reguladoras de rutas metabólicas y para esta finalidad necesitan valores de pH y temperatura óptimos.

Existen enzimas sintéticas y también enzimas de origen microbiológico. En este estudio se estudian las de origen

microbiológico que son capaces de degradar en un proceso conocido como hidrólisis.

## DESARROLLO

La hidrólisis enzimática de la celulosa está basada en la habilidad de hongos y bacterias de producir un set de enzimas extracelulares capaces de degradar las moléculas de D-glucosa (Albernas-Carvajal, Corsano, Morales-Zamora, González-Cortés, Santos-Herrero & González-Suárez, 2014) que componen la estructura de la celulosa.

La hidrólisis enzimática va ganando terreno (Morales, et al., 2010), debido a que la hidrólisis ácida empleada para la obtención de azúcares fermentables (Fouadh Sarrouh, Jover & González, 2005) ha generado algunos problemas en cuanto a costo y rendimiento.

Aunque un gran número de microorganismos hongos, bacterias y actinomicetos) son capaces de degradar la celulosa, como los microhongos celulolíticos pertenecientes a los géneros *Trichoderma* y *Aspergillus* que son productores de celulasas notables (De Vries & Viser, 2001), existe el problema de que sólo unos pocos de los microorganismos producen cantidades significativas de fracciones de enzimas libres capaces de la hidrólisis completa de la celulosa *in vitro*.

La búsqueda continua de organismos altamente secretadores de enzimas celulolíticas para optimizar la producción (Narasimha, Sridevi, Buddolla, Subhosh & Rajasekhar 2006) es una prioridad de la Biotecnología industrial aplicada a la obtención de azúcares reductores.

La comprensión de estos microorganismos no sólo juega un papel muy importante por sus aplicaciones industriales sino en el proceso de reciclaje de varios productos como la celulosa en la biosfera (Han, Feng, Zhu & Zhang, 2009). También se han encontrado algunos microorganismos con potenciales capacidades degradadoras del material biomásico en la microbiota simbiote de animales como la lombriz de tierra (Salvador, et al., 2011; Salvador, et al., 2012). Las herramientas modernas de metagenómica, interactoma, metabolómica y pirosecuenciación logran estudiar los diferentes genomas degradadores, existentes en los intestinos del animal, que pueden ser altamente eficientes en la hidrólisis enzimática, pero el coste económico de éstas tecnologías es bastante alto.

Para la hidrólisis enzimática completa es necesaria la actividad de tres enzimas celulolíticas, compuesta por endo y exoglucanasas suplementadas con  $\beta$ -glucosidasas cuyo objetivo es asegurar la ruptura de las moléculas de celobiosa generadas por la acción de las otras enzimas (Breuil, Chan & Saddler, 1990).

Al respecto es difícil que un solo microorganismo, de forma natural pueda producir las enzimas celulolíticas necesarias para una degradación exitosa. Es importante la acción sinérgica de varios microorganismos (Ryu & Mandels, 1980). Esto también ha conllevado a la necesidad de crear microorganismos modificados genéticamente (Mesa, González, Cara, Ruiz, Castro & Mussatto, 2010), aprovechando herramientas tecnológicas que se conocieron en la década de los 70, con el descubrimiento realizado por Stanley Cohen y Herbert Bayer que emplean el aislamiento e inserción de un genoma a otro (Antunes, et al., 2006). Es por ello que se reprograman organismos productores de enzimas celulolíticas para obtener cantidades altas de las enzimas en estudio.

Pese a que con el advenimiento de la genética moderna los costos de producción de azúcar es a partir de estas fracciones recalcitrantes se han reducido significativamente (Adsul, et al., 2004; Kovacs, Szakacs & Zacch, 2009), aún el proceso no es eficiente a escala industrial.

Existe carencia de biocatalizadores tolerables a las condiciones de laboratorio e industriales y la producción de enzimas de interés muestra una baja actividad y por lo tanto son consumidas de forma elevada.

Para reducir el coste de las enzimas se pueden investigar nuevas fuentes de enzimas y/o se pueden reciclar las enzimas utilizando su relativa alta estabilidad y su alta afinidad por la celulosa.

Al respecto a nivel mundial e iberoamericano, representando el 50% y 53% bajo el código de clasificación C12N, relacionado al estudio de microorganismos o enzimas, se encuentran clasificadas más de la mitad de patentes (RICYT, 2015), tal como se observa en la figura 1.

## Enzimas

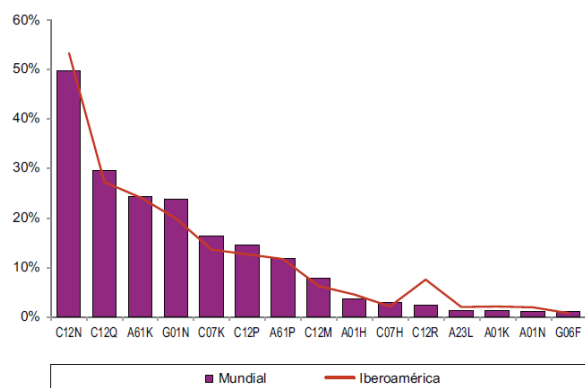


Figura 1. Principales códigos de clasificación (4 dígitos) en el mundo e Iberoamérica para Biotecnología (acumulado 2007-2013).

Resulta prioritario estudiar la interacción de las enzimas que degraden lignina (lacasas), celulosa (celulasas) y xilanasas para mejorar el proceso de degradación de biomasa y surge conveniente atender a la siguiente interrogante: ¿Por qué emplear enzimas para degradar la biomasa?

### La degradación de la biomasa a partir de enzimas

La biomasa constituye la materia prima más abundante del planeta. Se considera que desempeña el mismo papel que el petróleo en el siglo XX (Sims., et al, 2010).

Aunque se han realizado varios estudios sobre su manejo, aún no se encuentra una aplicación práctica significativa (Mesa, et al., 2010). No obstante, es considerado un subproducto de enorme disponibilidad que se genera a partir de diferentes fuentes como la agroindustrial (Álvarez, et al., 2012).

La biomasa vegetal representa una de las fuentes más importantes sostenibles de combustibles orgánicos, productos químicos y materiales (Lynd, 1999).

La utilización de la biomasa celulósica sigue siendo un tema de interés mundial en vista del agotamiento rápido del petróleo (Nwodo Chinedu & Okochi, 2011) y de las altas posibilidades químicas energéticas de esta materia prima.

La bioconversión de las lignocelulosas se está estudiando como un medio para aliviar la escasez de los alimentos, la energía y la reducción de la contaminación. Sin embargo la conversión de biomasa basada solo en la utilización de celulosa tiene pocas oportunidades de volverse económicamente atractiva (Ghose & Bisaria, 1987).

La búsqueda de nuevos crudos enzimáticos de origen microbiológico, que permitan aprovechar la capacidad celulolítica de hongos y bacterias existentes en material en degradación de bosques, residuos sólidos urbanos y residuos agrícolas, en el contexto de una biorefinería, constituye una alternativa interesante ante los retos que impone el modelo actual de desarrollo.

Consecuentemente a esto, la caracterización de las fuentes enzimática, su optimización en el proceso de hidrólisis y la recirculación de las mismas es un objetivo prioritario, debido a que la biomasa lignocelulósica, también posee enzimas (Mussato & Teixeira, 2010).

Hacer esto desde las universidades en beneficio del desarrollo sustentable local de cualquier país tiene un gran valor intangible.

La propuesta tecnológica en la que se basa el estudio realizado, desde la perspectiva de la ciencia universitaria,

establece una estrategia en la que se generan nuevos crudos enzimáticos a partir de técnicas biotecnológicas tradicionales y modernas y se ofrece una información sobre los mecanismos de acción de las enzimas estudiadas.

El método a emplear incluye un estudio de vigilancia tecnológica, el desarrollo de experimentos con variables de entrada y salida para comprender los parámetros que afectan la producción enzimática y los tipos de enzimas producidas.

Sin embargo, como todo estudio novedoso, se encuentran contradicciones a solucionar mediante la representación del fenómeno en modelos matemáticos y se determinan las mejores condiciones de obtención del producto con capacidad degradadora para posterior verificación experimental.

#### *¿Qué impactos puede generar la propuesta tecnológica?*

Según el estudio realizado, se prevé que los impactos esperados no responden únicamente al orden científico-técnico como se ha explicado, sino que lleva implícito una repercusión en el ámbito económico, social y ambiental.

Las razones en que se sustenta este planteamiento obedece en primer lugar a que la materia prima empleada no compite con la biomasa alimenticia, aspecto relevante si tenemos en cuenta la necesidad de encontrar fuentes renovables de recursos para la obtención de productos con alto valor agregado, los que pueden ser considerados como productos innovadores, de mayor rentabilidad para su empleo y que no comprometan la alimentación de la población.

Esta alternativa contribuye a reducir el volumen de desechos (aproximadamente en un 40%), aspecto que reduce los problemas referidos al tratamiento, gestión y riesgo por la proliferación de los diferentes tipos de desechos urbanos, agrícolas y forestales que conduce a la toma de medidas para proteger el medio ambiente, contrarrestar los efectos negativos del cambio climático mundial, mitigar los gases de efecto invernadero, disminuir los lixiviados que contaminan las aguas subterráneas, previene el deterioro del suelo a consecuencia de la deforestación, limitando los avances de la frontera ganadera y agrícola que atentan contra los ecosistemas, aspecto que definen Funes (2005), en sus estudios relativos al tema y que se corresponden con las acciones encaminadas al cumplimiento del Objetivo 12 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, debatido y propuesto en la reunión de Hábitat III y planteados en el Plan del Buen Vivir en Ecuador, que promueve el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, impulsar indirectamente

el desarrollo de la matriz productiva y energética de nuestros países, aspecto que en el nivel económico disminuye el coste de producción, por lo tanto incrementa la rentabilidad de la inversión.

Finalmente es importante resaltar que estas temáticas constituyen un apoyo para el desarrollo de estudios de alto impacto y formación de alto nivel que garantizan la pertinencia de las investigaciones científicas universitarias las que convocan a atender las nuevas urgencias, demandas y desafíos de la sociedad.

## CONCLUSIONES

Constituye un reto de la ciencia universitaria, desempeñar su rol como centro de generación del conocimiento, caracterizado por la calidad y pertinencia de todos los procesos que en ella se desarrollan, logrando para este fin una integración con los actores sociales que conduzca a lograr un verdadero compromiso para favorecer el desarrollo local y territorial.

La posibilidad de las universidades de desempeñar en sus territorios este rol como centro de generación de conocimiento capaz de pronosticar y evaluar alternativas de desarrollo local constituye un valor intangible que potencia el uso de sus recursos humanos y de equipamiento en bien del beneficio del desarrollo local

La existencia probada mediante la investigación científica, de nuevos crudos enzimáticos con alta actividad catalítica, hace factible su incorporación al diseño industrial de una tecnología de producción *in situ* de enzimas para descomponer los desechos biomásicos en un contexto de diversificación del producto.

La obtención de una tecnología enzimática propia constituye una herramienta poderosa, resultado de la colaboración y cooperación internacional, fundamentalmente entre países en vías de desarrollo, en materia de ciencia, tecnología e innovación en la que se involucran universidades de estos países, aspecto que muestra la importancia de lograr alianzas con el objetivo estratégico de avanzar en los procesos de desarrollo con una mayor inserción en las dinámicas sociales y productivas.

La introducción de este resultado redundará tanto en el desarrollo de conocimientos que abre las posibilidades de obtención de nuevos productos e instalaciones tecnológicas así como la creación de empleo y probables productos de beneficio social.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adsul, M., et al. (2004). Polysaccharides from bagasse: applications in cellulose and xylanase production. *Carbohydrate Polymers*, 57(1), 67–72. Recuperado de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-3142657479&origin=inward&txGid=7654664358fef2fd39ea25f20c027caf>
- Albernas-Carvajal, Y., Corsano, G., Morales-Zamora, M., González-Cortés, M., Santos-Herrero, R., & González-Suárez, E. (2014). Optimal Design for an ethanol plant combining first and second generation technologies. *CT&F- Ciencia, Tecnología y Futuro*, 5(5), 113-136. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/465/46536223006/>
- Alvarez, A., et al. (2012). Aprovechamiento Integral de los Materiales Lignocelulósicos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 13(4). Recuperado de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/SEP12/alvarez.pdf>
- Antunes, A., Pereira, N., & Ebole, M. (2006). *Gestão em Biotecnologia*. Rio de Janeiro: E-papers.
- Fouadh Sarrouh, B., Jover, J., & González, E. (2005). Estudio de la Hidrólisis del Bagazo con ácido sulfúrico concentrado, utilizando dos variantes de una sola etapa, y una sola etapa modificada para la obtención de etanol. *Revista Ingeniería e Investigación*. Universidad Nacional de Colombia, 25(3), 34 – 38. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/643/64325305/index.html>
- Breuil, C., Chan, M., & Saddler, J. (1990). Comparison of the hydrolytic activity of commercial cellulose preparations. *Appl Microbiol Biotechnol*, 34(1), 31-35. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00170919>
- Concepción, D. & González, E. (2013). La gestión del conocimiento en el vínculo universidad - empresa para el desarrollo local y territorial. V Conferencia de la Ciencias Sociales y Humanísticas.
- De Vries, R. P., & Viser, J. (2001). Aspergillus enzymes involved in degradation of plant cell wall polysaccharides. *Microbiol. Mol. Biol. Rev*, 65(4), 497-552. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11729262>
- Funes, R. (2005). Historia Ambiental (feita) na América Latina. *Bello Horizonte. Varia Historia*, 21(33).
- Ghose, T., & Bisaria, V. (1987). Measurement of Hemicellulase Activities. *Pure & Appl. Chem.*, 59(12), 1739-1752. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/0b69/1467ee6478d38a6cee96e2022634747ddda2.pdf>
- Han, L., Feng, J., Zhu, C., & Zhang, X. (2009). Optimizing cellulase production of *Penicillium waksmanii* F10-2 with response surface methodology *African Journal of Biotechnology*, 8 (16), 3879-3886. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/7182BAB8192>
- Kovacs, K., Szakacs, G., & Zacch, G. (2009). Enzymatic hydrolysis and simultaneous saccharification and fermentation of steam-pretreated spruce using crude *Trichoderma reesei* and *Trichoderma atroviride* enzymes. *Process Biochemistry*, 44(12), 1323–1329. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093317257>
- Leal, E. (2018). Conferencia La Universidad y el desarrollo sostenible inclusivo". Evento Internacional Universidad 2018. La Habana: MES.
- Mesa, M., González, E., Cara, C., Ruiz, E., Castro, E., & Mussatto, S. I. (2010). An approach to optimization of enzymatic hydrolysis from sugar cane bagasse base don organosolv pretreatment. *Journal Technical Bioetchnology*, 85, 1092-1098. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.2404>
- Morales, M. (2010). Simulation of furfural production process for revamping with ethanol technology from lignocellulosic residuals. *Chemical Engineering Transactions*, 21, 967-972. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/268257279\\_Simulation\\_of\\_Furfural\\_Production\\_Process\\_for\\_Revamping\\_with\\_Ethanol\\_Technology\\_from\\_Lignocellulosic\\_Residuals](https://www.researchgate.net/publication/268257279_Simulation_of_Furfural_Production_Process_for_Revamping_with_Ethanol_Technology_from_Lignocellulosic_Residuals)
- Mussato, S. I., Teixeira, J. A. (2010). Lignocelulose as raw material in fermentation processes, *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 2. 897-907. Recuperado de <http://www.formatex.info/microbiology2/897-907.pdf>
- Narasimha, G., Sridevi, A., Buddolla, V., Subhosh, C, M., & Rajasekhar, R. B. (2006). Nutrient effects on production of cellulolytic enzymes by *Aspergillus Niger*. *African Journal of Biotechnology*, 5(5), 472-476. Recuperado de <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/6711/1/jb06081.pdf>
- Nwodo Chinedu, S., & Okochi, V. I. (2011). Cellulase Production by Wild-type *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum* and *Trichoderma harzianum* Using Waste Cellulosic Materials. *Journal of Science*, 13(1). Recuperado de <http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/65/1/17.pdf>

- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. (2015). El Estado de la Ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos. Buenos Aires: RICYT.
- Ryu, D., & Mandels, M. (1980). Cellulases: Biosynthesis and applications. *Enzyme Microb. Technol.*, 2, 91-102.
- Salvador, C., et al. (2011). Producción de actividades enzimáticas por el intestino de *Eisenia foetida* (Annelida: Clitellata: Haplotaxida). *Revista Ciencia*, 14(2), 191-198.
- Salvador, C., et al (2012). Búsqueda de bacterias con actividad EC 3.2.1.4 (endo-1,4- beta-glucanasa) en *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 33(1-2). Recuperado de <http://www.remcb-puce.edu.ec/index.php/remcb/article/download/223/172>
- Valdés, C., et al. (2004). Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Selección de lecturas. La Habana: Félix Varela.