

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

Pérez Esparza, Aimée; Estrada Vargas, Arturo; García García, Edith Xio Mara
Universidad de Guadalajara
aimee.perez@academicos.udg.mx; arturo.evargas@academicos.udg.mx;
xio.garcia@academicos.udg.mx

Resumen

La generación de nuevo conocimiento en las universidades aporta a diversos problemas por los que atraviesan las empresas. Jalisco se caracteriza por ser el principal productor de Tequila en el país, siendo ésta una de las industrias que más contaminación generan en la región. Este documento permite conocer la importancia que tiene la

vinculación universidad - empresa, en el impacto sostenible que tiene el sector tequilero en la sociedad jalisciense. A través de un estudio de caso múltiple se observó como la implementación de un reactor electroquímico para el tratamiento de la vinaza, permite reducir los problemas de contaminación que ésta provoca.

Palabras clave: sostenibilidad, empresas tequileras, vinculación universidad – empresa
JEL: Q01

University-business linkage as a strategy to promote sustainable production processes in the tequila sector of Jalisco, Mexico

Abstract

The generation of new knowledge in universities contributes to various problems that companies are going through. Jalisco is characterized by being the main producer of Tequila in the country, this being one of the industries that generate the most pollution in the region. This document allows us to understand the importance of the university-company relationship in the sustainable impact that the tequila sector has on Jalisco society. Through a multiple case study it was observed how the implementation of an electrochemical reactor for the treatment of vinasse, allowing us to reduce the pollution problems that it causes

Keywords: sustainability, tequila companies, university – enterprises linkage
JEL: Q01

1. Introducción

El tequila es una de las bebidas más emblemáticas de México y solo algunos estados o municipios incluidos en el territorio amparado por su denominación de origen pueden producirlo. Según datos del Consejo Regulador de Tequila (CRT) en el 2023 la exportación de tequila se elevó a 420 millones de litros alrededor del mundo, lo que indica que existe un gran consumo de esta bebida a nivel internacional.

En el municipio de Tequila en Jalisco, existe una producción masiva y acelerada de agave azul, este tipo de agave es utilizado para la producción del tequila; que, si bien intenta cumplir con la demanda consumo en el ámbito nacional e internacional, durante su proceso de elaboración a nivel local produce grandes volúmenes de residuos.

De acuerdo con el CRT (2023), entre los años 2021 y 2023 la producción de tequila en México incrementó un 56% respecto a los años anteriores. Si bien, esto se traduce en beneficios económicos para el país, también contribuye al incremento de los desechos que produce la industria tequilera, como la vinaza que es un residuo generado en el proceso de la destilación del tequila.

Según López-López et al. (2010), por cada litro de tequila producido se generan en promedio 10 litros de vinazas, por lo que en 2022, año con producción máxima histórica, se generaron 6,514 millones de litros de vinazas aproximadamente, lo que, expresado a grandes volúmenes de producción, es altamente contaminante para la zona, ya que este tipo de empresas generalmente vierten este residuo en cuerpos de agua y campos de cultivo. En la Tabla 1 se observan datos que permiten estimar los residuos provocados por dicha industria.

Tabla 1. Datos estimados de tequila, agave y residuos en 2019

| Producción de tequila | Agave requerido | Hojas de agave | Bagazo | Vinaza |
|-----------------------|-----------------|--------------------|--------|--------|
| 10 L | 10 kg | 1 kg | 10 kg | 10 L |
| | | Tequila 51% Agave | | |
| 138.3 | 361.0 | 308.4 | 96.8 | 1383.0 |
| | | Tequila 100% Agave | | |
| 191.7 | 981.5 | 837.7 | 268.4 | 1917.0 |
| | | TOTAL | | |
| 330.0 | 1342.5 | 1146.1 | 365.2 | 3300.0 |

Nota: De acuerdo con Martínez-Orozco et al., 2020 se realiza un análisis de los residuos generados por la industria tequilera, donde se observa la problemática existente. Nota: De acuerdo con Martínez-Orozco et al., 2020 se realiza un análisis de los residuos generados por la industria tequilera, donde se observa la problemática existente.

Las características químicas de la vinaza provoca que las industrias tequileras contaminen ríos, lagos, suelos o tierras de cultivo provocando daños severos que impiden el cultivo por varios años; sobre todo en el caso de suelos ácidos. De acuerdo a Cedeño (1995), algunas propuestas de utilización de las vinazas tequileras son: el reciclar y con ello reducir volumen de desechos generados, la aplicación directa al suelo agrícola como irrigación y fertilizante, una evaporación o combustión que puede proveer de fertilizantes a las plantas, la producción de forraje de levadura, la obtención de un suplemento alimenticio para el ganado y la disposición de nutrimentos que ofrecen las vinazas por medio de tratamiento biológico, aerobio o anaerobio.

Sin embargo, el reto principal es analizar los posibles tratamientos y usos que se le pueden dar a estas aguas residuales para así reducir el efecto negativo por el cual está perjudicando al ambiente y sociedad en general.

Es por esto, que a través de la vinculación universidad - empresa, se pueden generar diversas estrategias que permitan beneficiar tanto a las empresas como a la sociedad, mediante un impacto sostenible en el medio ambiente. Este documento tiene como objetivo enfatizar en la importancia que tiene la generación de conocimiento en la vinculación de la universidad con las empresas, para el beneficio social, económico y ambiental de la región.

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

Por estas razones, el desarrollo sustentable de las empresas tequileras se debería basar en el manejo adecuado de sus residuos ya sea por autogestión o implementando una red de reciclaje con gestores externos a la empresa para generar un impacto positivo en la región sin que genere un gasto mayor, ya que en la actualidad tratar o procesar residuos que generen menor contaminación resulta complicado debido a la maquinaria que se necesita, así como las normas de calidad que se deben seguir.

El presente documento se encuentra estructurado por el marco teórico de referencia donde se pretende mostrar la importancia que toma la vinculación quintuple hélice en la generación de beneficios para la sociedad, el medio ambiente, la empresa, la universidad y el gobierno, aunque de manera más precisa se enfatiza en la generación del conocimiento por la academia y su aplicación en la problemática de residuos orgánicos como lo es la vinaza creada por la industria tequilera jalisciense. A través de un estudio de caso múltiple donde fueron analizadas dos empresas tequileras ubicadas en Tequila, Jalisco y que por motivos de confidencialidad no serán nombradas en este estudio, se menciona el desarrollo de un reactor electroquímico como una propuesta que permite disminuir la contaminación del medio ambiente provocado por las vinazas generadas durante el proceso de producción del tequila, concluyendo con los resultados observados.

Cabe hacer mención que dentro de las limitaciones del estudio se encuentra que las pruebas de dicho reactor han sido realizadas con un tipo específico de vinaza extraído de ambas empresas tequileras que brindaron las muestras, por lo que se requerirá realizar más pruebas en vinazas de otras empresas, además de la realización de pruebas de escalamiento antes de pensar en una planta piloto.

2. Marco teórico

2.1 Importancia de la producción de tequila en México

Para fines de la elaboración del presente documento, se abordará el significado del tequila conforme a la definición establecida por la NOM-006-SCFI-2012, la cual menciona de manera textual que “el tequila es una bebida alcohólica regional obtenida por destilación de mostos, preparados del material extraído en las instalaciones de la fábrica de un productor autorizado la cual debe estar ubicada en el territorio comprendido en la declaración, procedentes de las cabezas de agave de la especie tequilana weber variedad azul, previa o posteriormente cocidas, y sometidos a fermentación alcohólica con levaduras siendo susceptibles los mostos de ser enriquecidos y mezclados en la formulación con otros azúcares hasta en una proporción no mayor de 49% de azúcares reductores totales”.

Por su parte el agave de la especie tequilana weber variedad azul, en la NOM-006-SCFI-2012 lo describe como “planta de la familia de las agaváceas, de hojas largas y fibrosas, de forma lanceolada, de color azulado, cuya parte aprovechable para la preparación de tequila es la piña o cabeza”.

Dentro de los residuos generados por dicho proceso se encuentran:

(1) Las fibras de agave o también conocido como bagazo, mismos que se extraen de las hojas del agave una vez que han sido cortados de las piñas, mismas que después de diversos procesos se llega al tallado donde a través de un machete o cepillo se rasgan las hojas, finalmente se obtienen las fibras de ixtle y se desecha el resto, generando así desechos contaminantes

(2) Por su parte, la vinaza es otro gran contaminante derivado del proceso de elaboración de tequila, ya que ésta surge después de la “destilación del mosto del agave fermentado, que permanece en el fondo del alambique, es un residuo líquido, de color marrón oscuro debido a compuestos fenólicos y melanoidinas que son polímeros de bajo y alto peso molecular” (López-López et al., 2010).

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

Convirtiéndose la vinaza en el residuo líquido que se obtiene después del proceso de destilación del agave, siendo su principal característica la alta concentración de material orgánico pues se compone de 90% de agua y 10% de sólidos, lo que provoca que éste al estar en contacto con otras fuentes de agua natural o ser usada como agua de riego, genere serios problemas de contaminación, cuando no cuenta con un tratamiento previo que permita que dicho residuo no genere afectaciones en el medio ambiente, provocando así la contaminación de la región (Valdez, 2019).

2.2 Sostenibilidad empresarial

2.2.1 Sostenibilidad

Según la definición de World Commission on Environment and Development en el “Informe sobre nuestro futuro común” de 1987, es “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Es así, que dentro de los principales objetivos de la sostenibilidad es favorecer y restaurar el cuidado del medio ambiente con la finalidad de impedir su deterioro e impulsar la protección y conservación de los recursos naturales.

Otro punto importante es el impulso la autosuficiencia individual y regional mediante el uso responsable y eficiente de los recursos para evitar su desperdicio y con esto fomentar la conciencia ambiental.

Además, la sostenibilidad promueve las oportunidades de tecnologías limpias y proyectos sustentables para proteger la biodiversidad del planeta, reutilizando y reciclando los materiales de uso masivo dando como resultado una reducción de residuos para frenar el daño climático causado por la actividad humana.

De acuerdo con Hart y Milstein (2003) se sugiere que el término de sostenibilidad sea empleado para describir a aquella empresa que establece valor en el nivel de estrategias y prácticas para encaminarse rumbo a un mundo donde predomine la sostenibilidad; mientras que la perspectiva de Gil y Barcellos (2011) se refiere a que el rendimiento de la sostenibilidad de una empresa puede igualmente ser considerada como una medida

de optimización para mejorar la eficiencia operativa, destacando además que las medidas proactivas en el medio ambiente permiten generar ganancias en el largo plazo.

González y Flores (2020) mencionan cuatro dimensiones de la sostenibilidad, mismas que hace referencia de los siguientes autores:

- Dimensión ambiental: se contempla que los productos y procesos establecidos promuevan el cuidado del medio ambiente e impidan la contaminación, impulsando una adecuada administración de los recursos naturales.
- Dimensión social: procura generar un beneficio que impacte positivamente en el personal y su entorno, proporcionando salud, seguridad y crecimiento económico, tanto para la organización, los miembros que la componen y el lugar en el que la empresa se ha establecido (Arboleda y Díaz, 2017).
- Dimensión económica: aprovechar la inversión en tecnología para la obtención de resultados que reduzcan el consumo de energía y mejoren la calidad ambiental de los procesos. El objetivo no debe centrarse de manera exclusiva en la generación de ganancias económicas, sino también priorizar la retribución a su entorno a nivel social, económico y ambiental que le permita a la empresa obtener una aprobación de manera constante (Hernández-Royett y González-Díaz, 2016).
- Dimensión institucional: propone el desarrollo de una cultura sustentable para el fomento de normas, hábitos y valores que formen parte integral del quehacer diario dentro y fuera de la organización, instaurando de esta manera una nueva forma de comportamiento y de cultura organizacional (Arboleda y Díaz, 2017; Díaz et al., 2019; Hernández-Julio et al., 2019).

2.2.2 Surgimiento de la economía sustentable

La economía sustentable o verde, se origina como una opción productiva frente al cambio climático, bajo la premisa de que se puede alcanzar el bienestar social al mismo tiempo que se reducen los riesgos y amenazas medioambientales.

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

La economía verde tiene gran relación con la sustentabilidad, según la UN Environment Programme (UNEP) (2011), ésta se define como una economía en donde el ingreso per cápita y el índice de empleo es generado por inversiones públicas y privadas que reducen las emisiones de carbono, la contaminación, además promueven la eficiencia de la energía así como de los recursos, previniendo la pérdida de los ecosistemas. Es así, que actualmente las empresas buscan incrementar las estrategias enfocadas a reducir riesgos o amenazas medioambientales derivadas de los procesos de producción que tienen. El sector tequilero está conciente de la problemática existente con el desecho de vinazas y el impacto de éstas en la calidad del agua donde terminan vertidas, afectando a la sociedad que tiene acceso a éstas, ya sea para consumo en el hogar, riego o los diversos usos que se les da.

2.2.3 Vinculación quintuple hélice

Como mencionan Bautista y Calderón (2020), vivimos en un entorno dinámico, mismo que aún en la actualidad sigue cambiando de manera increíblemente rápida, donde la dinámica evolutiva de la economía y la innovación tienen un papel primordial en esto, donde además intervienen actores que a través de la generación y aplicación del conocimiento, permiten generar estrategias que favorezcan al conjunto de miembros que interactúan. Surgiendo la necesidad de participar en actividades de vinculación donde los actores se ven en la necesidad de colaborar entre ellos para la generación de beneficios en común. Chang (2010) menciona como las universidades se han acercado a una visión de ser universidades emprendedoras, donde se fomenta en las y los académicos que forman plantas docentes, que busquen aterrizar sus investigación en problemáticas reales de la industrias, dicha autora menciona que para el logro del éxito de la innovación no se requieren solamente empresas de alta tecnología, sino que es indispensable generar crecimiento en todo tipo de empresa, por lo que la participación de la academia puede aportar nuevas directrices a los resultados que éstas buscan.

De acuerdo con D'Este et al. (2014), la vinculación comprende actividades relacionadas a la interacción entre la universidad y el resto de la sociedad, a través de la generación de conocimiento y la aplicación de éste fuera del entorno académico, lo que

permite retribuir a la sociedad los beneficios que se obtienen en la academia. Dando por resultado que la vinculación de la universidad con los demás actores sociales y empresariales, fomente una transformación positiva entre estos, además de que permite dar respuesta a las necesidades y problemáticas del mercado actual.

Sarabia – Altamirano (2016), hace énfasis en las principales motivaciones que tiene la empresa para vincularse con la academia, siendo éstas la infraestructura para la investigación y los recursos humanos calificados con los que las universidades de alto prestigio cuentan. Si bien la vinculación tríplice hélice resultó de gran impacto en los diversos trabajos de investigación que abordaron este tema, actualmente la vinculación ya no solo toma en cuenta a la universidad, el gobierno y a la empresa, sino que su visión se ha ampliado al estudio de la quíntuple hélice, donde se reconoce la importancia de la sociedad y el medio ambiente.

Vergel et al. (2020), enfatizan en la importancia de la transferencia de conocimiento, el emprendimiento y la generación de una cultura de cooperación, donde las universidades se comprometan con su comunidad y el desarrollo sostenible.

Según Araya et al. (2021), la quíntuple hélice representa un ambiente natural, enfocado al desarrollo sostenible, donde a través de un sistema de innovación enriquecido por la creación de nuevo conocimiento cooperativo, mismo que integra las necesidades y problemáticas de los actores participantes, permitiendo obtener a largo plazo, beneficios medio ambientales para el desarrollo sostenible de la región.

De esta manera se observa la gran importancia que tiene la colaboración en la quíntuple hélice para la creación de estrategias a favor del desarrollo de mejoras sociales, económico, medio ambientales, entre otras.

3 Metodología

Una vez observada la relevancia que tiene la vinculación de la academia con la empresa, el Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara, a través de un equipo de trabajo de investigadores expertos así como de estudiantes de pregrado

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

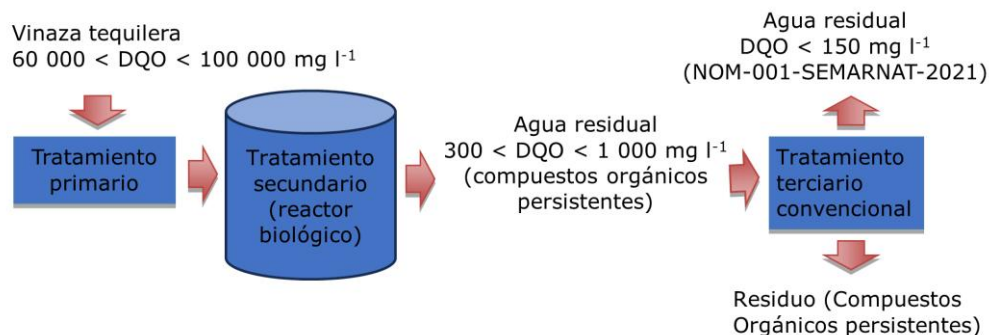
y posgrado, logró un acuerdo de colaboración con dos empresas productoras de tequila ubicadas en los municipios de Tequila y de Atotonilco, Jalisco. En dicho acuerdo, las empresas proveyeron vinaza tequilera y la disponibilidad de sus instalaciones para realizar pruebas de campo durante diez meses. La universidad, por su parte, desarrolló un reactor electroquímico a nivel laboratorio que, si logra escalarse adecuadamente, permitirá a la industria tequilera la disminución de contaminantes en el medio ambiente generado por sus procesos productivos.

Mediante un estudio de caso múltiple realizado a dos grandes empresas tequileras de gran importancia en el estado con más de 35 años de fundación, se realizaron diversas entrevistas y trabajo de campo que permitió tanto conocer la problemática existente como obtener la vinaza necesaria para el estudio como se mencionaba anteriormente y realizar las pruebas técnicas necesarias.

Debido a la problemática de contaminación derivada de los procesos de producción de las empresas tequileras, donde la vinaza tequilera tiene un pH ácido y un excesivamente alto contenido de sólidos suspendidos y disueltos totales, que modifican el color, la acidez del cuerpo de agua donde son descargados, generando además productos de putrefacción (Castillo-Monroy et al., 2020; Prajapati y Chaudhari, 2015).

Un parámetro de calidad prioritario del agua residual de vinaza tequilera es la demanda química de oxígeno (DQO). Un agua residual con un alto contenido de DQO consume el oxígeno disuelto del agua donde es descargado, acabando con la vida subacuática y del ecosistema que lo rodea. Un agua residual doméstica, por ejemplo, tiene una DQO entre 100 y 300 mg l⁻¹. La DQO de la vinaza tequilera alcanza valores entre 60 000 y 100 000 mg l⁻¹. Para disminuir esta carga orgánica, las empresas tequileras aplican un tratamiento convencional como el que muestra la Figura 1, con el cual logran disminuir la DQO a valores hasta entre 300 y 1 000 mg l⁻¹ a la salida del reactor biológico.

Figura 1. Tratamiento completo convencional de agua residual de vinaza tequilera

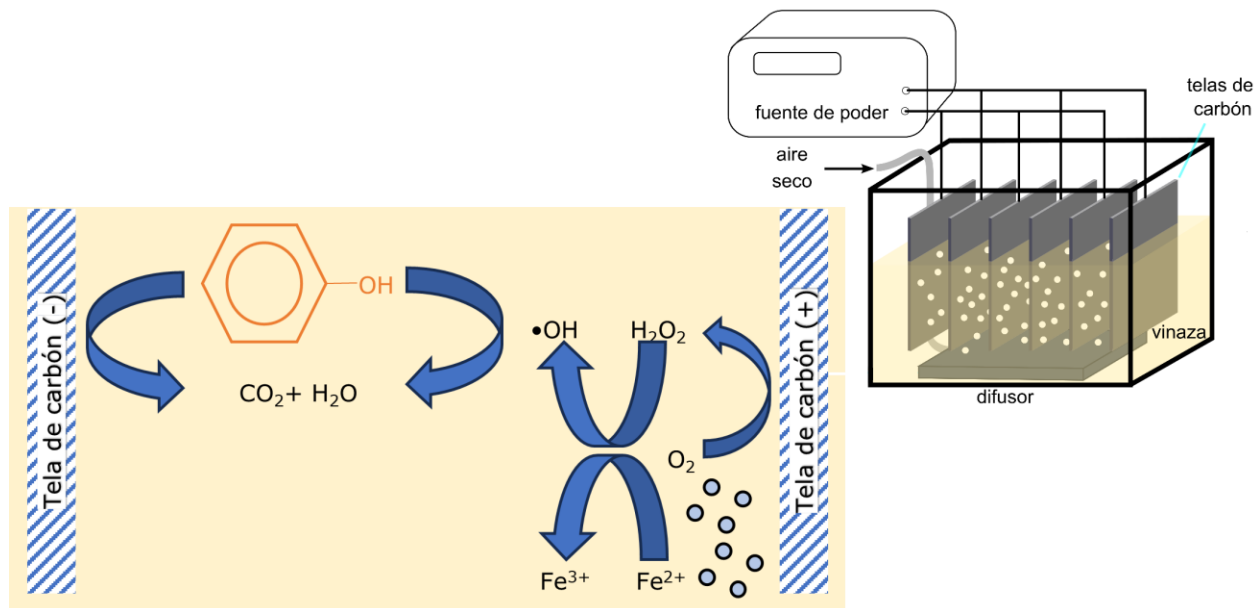


Nota: Esta Figura ha sido modificada de Covarrubias-del-Toro (2023), en ella se muestra con mayor detalle el tratamiento convencional que se lleva en la actualidad de la vinaza.

Esta DQO corresponde a compuestos orgánicos llamados persistentes, ya que no se pueden oxidar por medios biológicos. Las empresas tequileras utilizan un tratamiento terciario que separa estos compuestos del agua de salida, que puede ser descargada o reutilizada cumpliendo la norma oficial correspondiente. Los compuestos persistentes quedan en un residuo que no puede ser utilizado ni siquiera para compostaje, ya que eventualmente terminarían infiltrándose en los mantos freáticos.

Por lo que como se mencionaba anteriormente una propuesta de solución es un reactor electroquímico, mostrado en la Figura 2 (Covarrubias-del-Toro, 2023). Brevemente, dos electrodos de tela de carbón polarizados se sumergen en agua residual de vinaza tequilera proveniente del reactor biológico. En la tela con polo negativo los compuestos persistentes se oxidan directamente a CO_2 y H_2O . En la tela con polo positivo, el oxígeno proveniente de burbujeador desde el fondo se reduce para electrogenerar H_2O_2 , que a su vez reacciona con iones Fe^{2+} presentes para formar el radical $\bullet\text{OH}$, lo cual es conocido como reacción electro-Fenton (Tomat y Vecchi, 1971). El radical $\bullet\text{OH}$ es tan reactivo que al encontrarse con los compuestos persistentes los oxida también a CO_2 y H_2O . Cabe mencionar que el reactor se aplica como un tratamiento terciario que sustituye al tratamiento terciario convencional de la Figura 1. Se pretende que reduzca la DQO del agua residual de vinaza tequilera sin generar residuos con compuestos orgánicos resistentes, ya que los oxida en el proceso.

Figura 2
Reacciones de interés del reactor de oxidación-electro-Fenton



Nota: La Figura fue modificada de Covarrubias-del-Toro (2023), en ella se observa el proceso químico que lleva el reactor diseñado por académicos y estudiantes del CUTonalá, que permite un mejor tratamiento de desechos en la industria tequilera.

4 Análisis y discusión de los resultados

Actualmente el reactor ha logrado remociones de DQO de hasta 40%, con un consumo energético inferior a $1 \text{ kWh kg}_{\text{DQO}}^{-1}$ (Covarrubias-del-Toro, 2023). El reactor pretende escalarse de nivel laboratorio a planta piloto, y representar una alternativa de solución para tratar de forma energéticamente eficiente el volumen de agua residual de vinaza tequilera producida, aproximadamente 20 millones de litros diarios (Consejo Regulador del Tequila, 2023; López-López et al., 2010).

De esta manera se observa el alto valor que se genera a partir de la vinculación universidad – empresa, pues a partir de una serie de prácticas en una empresa tequilera reconocida en su rama en Tequila, Jalisco, México, se han logrado obtener resultados de como se mejora la calidad del agua que resulta del proceso tequilero, buscando así realizar más prácticas y continuar con las mejoras que requiera el reactor.

La implementación del reactor electroquímico desarrollado en el Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara permite mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales tequileras que se producen a diario, misma que puede ser reutilizada y aprovechada de diversas maneras, evitando así el desperdicio derivado de un proceso convencional que suelen emplear la mayoría de las tequileras y que finalmente puede traducirse en millones de litros de agua diarios.

La vinculación universidad – empresa, fomenta la creación de nuevo conocimiento que impacta positivamente los procesos productivos de las empresas, en este documento se observó como el conocimiento generado por expertos en el tema logró impactar una problemática existente en una de las industrias más proliferas del estado, ya que las empresas tequileras aportan de manera importante a la economía regional. Si bien, el reactor electroquímico ha mostrado su funcionamiento para evitar la contaminación ambiental generada por empresas tequileras, éste sigue en estudio para identificar puntos de mejora, con la finalidad de asegurar su buen funcionamiento.

5. Discusión y conclusiones

La vinculación universidad - empresa presentada en este trabajo ha permitido generar una transferencia de conocimiento mediante el desarrollo de una estrategia innovadora con impacto sostenible que ha beneficiado al sector tequilero en el estado de Jalisco, logrando de esta manera favorecer el cuidado del medio ambiente y el fortalecimiento de una economía verde.

Se ha observado la importancia que tiene el trabajo colaborativo entre los actores de la quintuple hélice, la universidad, la empresa, la sociedad, el gobierno y el medio ambiente, la manera en la que interactuando se pueden desarrollar estrategias que permitan la resolución de necesidades o problemáticas.

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

El diseño de un reactor electroquímico permite la disminución de contaminantes en el tratamiento de vinazas por parte de las empresas tequileras en Jalisco, es así, que el trabajo de investigación desarrollado por académicos del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara, ayuda a resolver una problemática de contaminación al medio ambiente, favoreciendo no solo a las empresas tequileras, sino a la comunidad en general.

6. Referencias

Araya, G., Li-Bonilla, F. y Torres, J. (2021). La Quinta Hélice Sistémica [QHS] para la innovación y el desarrollo [I+D] en América Latina. *Revista Centroamericana de Administración Pública*, 81, 77-103. <https://doi.org/10.35485/rcap.vi81>

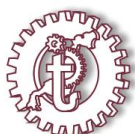
Bautista, E. y Calderón, R. (2020). La formación de talento e innovación a través de la vinculación y los modelos de hélice basados en la sociedad del conocimiento. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(20), 1-28. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.641>

Castillo-Monroy, J., Godínez, L. A., Robles, I., and Estrada-Vargas, A. (2020). Study of a coupled adsorption/electro-oxidation process as a tertiary treatment for tequila industry wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1-8. <https://doi:10.1007/s11356-020-11031-4>

Cedeño C.M. (1995). Tequila production. *Critical Reviews in Biotechnology*, 15, 1-11.

Chang, H.G. (2010). El modelo de la triple hélice como un medio para la vinculación entre la universidad y empresa. *Revista Nacional de Administración*, 1(1), 85-94. <https://doi.org/10.22458/rna.v1i1.286>

Consejo Regulador del Tequila (2023). *Informacion estadística*. <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>.



Covarrubias-del-Toro, R. (2023). *Desarrollo de un reactor electro-Fenton para la remoción de la demanda química de oxígeno en agua residual de vinaza tequilera* [Tesis de maestría]. Universidad de Guadalajara.

D'Este, P., Rentocchini, F., y Vega-Jurado, J. (2014). The Role of Human Capital in Lowering the Barriers to Engaging in Innovation: Evidence from the Spanish Innovation Survey. *Industry and innovation*, 21(1), 1-19. <https://doi.org/10.1080/13662716.2014.879252>

Gil, A. y Barcellos, L. (2011). Los desafíos para la sostenibilidad empresarial en el siglo XXI. *Revista Galega de Economía*, 20(2), 1-22.

González, R. y Flores, K. (2020). Cultura organizacional y Sustentabilidad empresarial en las Pymes durante crisis periodos de confinamiento social. *Revista Internacional Multidisciplinaria*, 1(1), 28-41. <https://doi.org/10.46785/ciidj.v1i1.40>

Hart, S. L., y Milstein, M. B. (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Perspectives*, 17(2), 56-67.

López – López, A., Dávila – Vázquez, G., León – Becerril, E. y Villegas – García, E. y Gallardo – Valdez, J. (2010). Tequila vinasses: generation and full scale treatment processes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9, 109-116. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9204-9>

Martínez-Orozco, E., Gortares-Moroyoqui, P., Santiago-Olivares, N., Napoles-Armenta, J., Ulloa-Mercado, R., Mora-Orozco, C., Leyva Soto, L., Alvarez-Valencia, L. y Meza-Escalante, E. (2020). Tequila Still Distillation Fractioned Residual Streams for Use in Biorefinery. *Energies*, 13(23), 1-13, <https://doi.org/10.3390/en13236222>

La vinculación universidad-empresa como estrategia para impulsar procesos de producción sostenibles en el sector tequilero de Jalisco, México

Prajapati, A. y Chaudhari, P. (2015). Physicochemical Treatment of Distillery Wastewater – A Review. *Chemical Engineering Communications*, 202(8), 1098-1117. <https://doi.org/10.1080/00986445.2014.1002560>

Sarabia - Altamirano, G. (2016). La vinculación universidad-empresa y sus canales de interacción desde la perspectiva de la academia, de la empresa y de las políticas públicas. *Ciencia UAT*, 10(2), 13-22.

UN Environment Programme UNEP (2011). *Annual Report*. <https://www.unep.org/resources/annual-report/unep-2011-annual-report>

Valdez, J. (2019). *Industria del tequila y generación de residuos*. <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=287>.

Vergel, M., Vega, O. y Bustos, V. (2020). Modelo de quintuple hélice en la generación de ejes estratégicos durante y postpandemia 2020. *Revista Boletín Redipe*, 9(9), 1-14. <https://doi.org/10.36260/rbr.v9i9.1066>