Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría

Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

¨ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL RECICLADO DE MATERIALES DE LOS ENVASES MULTICAPA, UN RESIDUO POCO COMERCIALIZABLE. CASO DE ESTUDIO: TETRA PAK¨

Tesis para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería Ambiental y
Desarrollo Sustentable

Presenta

I.A. Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Directores:

Mtra. Mariana Negrete Cardoso
Dra. Genoveva Rosano Ortega
Dr. Francisco Javier Sánchez Ruíz

Puebla, México Agosto, 2022

UPAEP – Secretaría General
Dirección General de Apoyos Académicos
Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.
Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Decanato de Ciencias Biológicas

Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Se aprueba la tesis titulada:

ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL RECICLADO DE MATERIALES DE LOS ENVASES MULTICAPA, UN RESIDUO POCO COMERCIALIZABLE. CASO DE ESTUDIO: TETRA PAK

Autor:

SHUNASHI YECTZIN AGUILAR MORALES

Comité de Revisión:

Mtra. Mariana Negrete Cardoso

Director

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Co-Director

Dr. Francisco Javier Sánchez Ruíz

Asesor

Puebla, México. Agosto, 2022

Puebla, Pue., a 12 de agosto de 2022

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Directora del Programa de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Asunto: Revisión de plagio para proyecto de grado

Estimada Doctora Genoveva Rosano Ortega

Antes que nada, reciba un cordial saludo y nuestro apoyo y compromiso de colaboración con los requerimientos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para las actividades de aseguramiento de la calidad de consolidación del posgrado.

Derivado del proceso de revisión de la herramienta de antiplagio **SafeAssign** se detectaron los siguientes hallazgos:

Coincidencia Promedio: 11%
Coincidencia Máxima: 11 %

Por lo anterior se vislumbra un riesgo **BAJO** en el análisis del documento para la obtención del grado de la **alumna Shunashi Yectzin Aguilar Morales**, en donde se ha revisado el detalle y las citas al interior del documento. Las coincidencias se deben principalmente a la referenciación de normas.

Se anexa reporte del informe de la herramienta.

ATENTAMENTE

Dr. Francisco Javier Sánchez Ruiz
Asesor

UPAEP
21 Sur 1103
Barrio de Santiago
Puebla, Pue. México
C.P. 72410

Tel: 01 (222) 229 9400
Fax: 01 (222) 232 5251
01 800 224 2200
www.upaep.mx

Originality Report de SafeAssign

Resumen del informe

Riesgo bajo

Estos documentos contienen una gran cantidad de material citado o parafraseado, y pueden constituir un plagio. Es recomendable realizar una revisión para determinar si el contenido que coincide se ha atribuido correctamente.

Similitud de texto general

Coincidencia promedio

11 %

Coincidencia máxima

11 %

SHUNASHI YECTZIN AGUILAR MORALES-TESIS COMPLETA FINAL (1).pdf

Originality Reports (1)

UPAEP
21 Sur 1103
Barrio de Santiago
Puebla, Pue. México
C.P. 72410

Tel: 01 (222) 229 9400
Fax: 01 (222) 232 5251
01 800 224 2200
www.upaep.mx

H. Puebla de Zaragoza, a 20 de enero de 2021
ASUNTO: **Constancia de colaboración para tesis de maestría**

A QUIEN CORRESPONDA:
PRESENTE

A través de la presente hago constar que Shunashi Yectzin Aguilar Morales **con ID 215448**, estudiante de la **Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de UPAEP** *con registro PNPC-CONACYT 004243*, ha sido seleccionada para elaborar su **tesis**, la cual tiene por nombre **"Estrategias de economía circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable".**

Los trabajos desarrollados por Shunashi Yectzin Aguilar Morales se irán alternando entre estancias en Tetra Pak México y las instalaciones de la UPAEP, **bajo la asesoría del I.Q. Alfredo Román Benítez, la dirección de la M. en C. Mariana Negrete Cardoso, codirección de la Dra. Genoveva Rosano Ortega y el Dr. Francisco Javier Sánchez Ruíz como asesor interno**, y serán acordes a las necesidades derivadas del programa establecido entre ambas partes, por un periodo de 15 meses.

De antemano les agradezco la atención a la presente y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

I.Q. Alfredo Román Benítez
Gerente de Sustentabilidad
Tetra Pak, México

C.c.p. Dra. en C. Genoveva Rosano Ortega, Coordinadora Académica de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Catedrática-Investigadora, UPAEP.
Archivo

OFICIO Núm. OOSL/DORSU/SDGIRSU/002/01/2021

GENOVEVA ROSANO ORTEGA
DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA AMBIENTAL- UPAEP
P R E S E N T E

Por medio del presente reciba un cordial saludo, al mismo tiempo en respuesta a su atenta invitación, acepto y agradezco la misma para formar parte del comité sinodal como asesor externo de la tesis de maestría de la estudiante **C. Shunashi Yectzin Aguilar Morales con ID 215448,** estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Sin más, le envío un cordial saludo y le reitero mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"CUATRO VECES HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA", A 21 DE ENERO DE 2021
"PUEBLA, CIUDAD INCLUYENTE"

FRANCISCO A. ROMERO Y LEVET
SUBDIRECCIÓN DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS DEL ORGANISMO OPERADOR DEL SERVICIO DE LIMPIA DEL MUNICIPIO DE PUEBLA

C.C.P. Archivo.
FARL/vtm

Al piso NO
Recolectores Voluntarios

H. Puebla de Zaragoza, a 29 de septiembre de 2020.

A QUIEN CORRESPONDA:
P R E S E N T E

ASUNTO: Constancia de colaboración
Tesis.

A través de la presente hago constar que **Shunashi Yectzin Aguilar Morales** con **ID 215448**, estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de UPAEP con registro **PNPC-CONACYT 004243,** ha sido seleccionada para elaborar su **tesis**, la cual tiene por objeto el "Reciclaje de tetrapak para su valorización a través de vinazas, como estrategia de economía circular".

Los trabajos a desarrollar por Shunashi Yectzin Aguilar Morales se irán alternando entre las estancias en la Asociación "Al Piso No, Recolectores Voluntarios, A.C". Sin fines de lucro y con Domicilio en Joaquín Colombres N.32 en la Colonia Lomas de Loreto, C.P. 72260, Con RFC PNR160728AA1, con el Registro Público de la Propiedad N. 1093482, Asociación que tiene como Misión:

"Facilitar el desarrollo humano de las personas que como labor Separan Residuos Reciclables para su sustento, contribuyendo a su autonomía y a la reducción de sus condiciones de marginación y pobreza".

Bajo la asesoría de la **Mtra. Claudia Olivia Cruz Olivo,** Presidenta de la Asociación y las instalaciones de la UPAEP, bajo la Dirección de la **M. en C. Mariana Negrete Cardoso,** Codirección de la **Dra. Genoveva Rosano Ortega** y el **Dr. Francisco Javier Sánchez Ruíz** como Asesor, y serán acordes a las necesidades derivadas del programa establecido entre ambas partes, por un periodo de **15 meses**.

De antemano les agradezco la atención a la presente y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

MTRA. CLAUDIA OLIVIA CRUZ OLIVO
PRESIDENTA DE LA ASOCIACIÓN "AL PISO NO, RECOLECTORES VOLUNTARIOS", A.C.
ORGANIZACIÓN NO GUBERNAMENTAL

C.c.p. Dra. en C. Genoveva Rosano Ortega, Coordinadora Académica de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Catedrática-Investigadora, UPAEP.
Archivo

Tetra Pak®
PROTEGE LO BUENO

H. Puebla de Zaragoza, a 12 de agosto de 2022

ASUNTO: **Carta de liberación de trabajo de tesis de maestría**

A QUIEN CORRESPONDA:
PRESENTE

A través de la presente hago constar que Shunashi Yectzin Aguilar Morales **con ID 215448**, estudiante de la **Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de UPAEP** *con registro PNPC-CONACYT 004243*, ha concluido de manera satisfactoria su **tesis**, la cual lleva por nombre **"Estrategias de economía circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra Pak".**

Es importante resaltar que el trabajo desarrollado por Shunashi Yectzin Aguilar Morales se fue alternando con Tetra Pak México y UPAEP, **bajo la asesoría del Ing. Alfredo Román Benítez, la dirección de la M. en C. Mariana Negrete Cardoso, codirección de la Dra. Genoveva Rosano Ortega y el Dr. Francisco Javier Sánchez Ruíz como asesor interno**, por un periodo de 15 meses, y que atiende a sectores de los Programas Nacionales Estratégicos de CONACYT (PRONACES).

De antemano les agradezco la atención a la presente y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

Ing. Alfredo Román Benítez
Gerente de Sustentabilidad
Tetra Pak, México

C.c.p. Dra. en C. Genoveva Rosano Ortega, Coordinadora Académica de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Catedrática-Investigadora, UPAEP.

Al piso NO
Recolectores Voluntarios

H. Puebla de Zaragoza, a 12 de agosto de 2022

A QUIEN CORRESPONDA:
P R E S E N T E

ASUNTO: **Carta de liberación de trabajo de tesis de maestría**

A través de la presente hago constar que Shunashi Yectzin Aguilar Morales con **ID 215448**, estudiante de la **Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de UPAEP** con *registro PNPC-CONACYT 004243*, ha concluido de manera satisfactoria su **tesis**, la cual lleva por nombre **"Estrategias de economía circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra Pak".**

El trabajo de tesis desarrollado por Shunashi Yectzin Aguilar Morales se fue alternando con estancias entre UPAEP y la Asociación "Al Piso No, Recolectores Voluntarios, A.C." Sin fines de lucro y que tiene como misión: "Facilitar el desarrollo humano de las personas que como labor separan residuos reciclables para su sustento, contribuyendo a su autonomía y a la reducción de sus condiciones de marginación y pobreza".

Dichos trabajos fueron bajo la asesoría de la **Dra. Claudia Olivia Cruz Olivo**, presidenta de la Asociación y bajo la dirección de la **M. en C. Mariana Negrete Cardoso,** codirección de la **Dra. Genoveva Rosano Ortega y el Dr. Francisco Javier Sánchez Ruíz** como asesor interno, por un periodo de 15 meses.

De antemano agradezco la atención a la presente y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

Dra. Claudia Olivia Cruz Olivo
Presidenta de la Asociación "Al Piso No, Recolectores Voluntarios", A.C."
Organización no gubernamental

C.c.p. Dra. en C. Genoveva Rosano Ortega, Coordinadora Académica de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Catedrática-Investigadora, UPAEP.

Escaneado con CamScanner

Constancia de actividades de retribución social

Ciudad de México a 20 de julio de 2022

Lic. Talía Verónica García Aguiar

Coordinadora de Apoyos a Becarios e Investigadores

PRESENTE

Como parte de los compromisos adquiridos en el numeral 8 "*LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL BECARIO, DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA DE PROGRAMA DEL POSGRADO POSTULANTE Y DEL CONACYT, CON MOTIVO DE LA ASIGNACIÓN DE LA BECA.*" de la Convocatoria **BECAS CONACYT NACIONALES 2021,** en la cual el **C. Shunashi Yectzin Aguilar Morales** con número de **CVU 1063981** fue beneficiado con una beca para obtener el grado de **Maestría** en el programa **Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable** con número de registro PNPC **004243 ,** que se imparte en **Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla,** se hace constar que el C. **C. Shunashi Yectzin Aguilar Morales** realizó **seis** actividades de retribución social que se enlistan en el documentó anexo a este documento.

Dichas actividades de retribución social se realizaron durante el periodo **Agosto 2020 a Julio 2022** tiempo que el becario fue alumno regular de esta **Universidad.** Asimismo, hago constar que, conforme a lo establecido en la Ley General de Archivos, la coordinación del posgrado organiza y conserva la evidencia documental de dichas actividades en caso de que el Conacyt o cualquier otra instancia la requiera.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo

Dra. Genoveva Rosano Ortega

UPAEP
Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

Constancia de actividades de retribución social

Actividad 1. Presentación de resultados de la tesis titulada "Estrategias de economía circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra Pak" ante estudiantes de licenciatura y posgrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental, así como a 33 investigadores miembros de la Red Temática Interinstitucional de Especialistas en Sustentabilidad (RTIES) de 17 instituciones públicas y privadas en el 14° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

Descripción de la actividad: En el 14° Coloquio se presentaron los avances de la investigación en donde se incluían los apartados del Protocolo, así como los primeros resultados del objetivo 1 correspondiente al análisis bibliométrico realizado, y en donde se obtuvo retroalimentación y se atendió en el año 2021.

Fecha de inicio: 10 de septiembre de 2021

Fecha de término: 10 de septiembre de 2021

Institución en la que se realizó la actividad: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Dra. Genoveva Rosano Ortega

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Profesora Investigadora de tiempo completo de la UPAEP.

Datos de contacto del responsable de la actividad: Cel. 222 212 1477 y correo: genoveva.rosano@upaep.mx

Descripción del impacto social de la actividad: El participar en el coloquio tiene el propósito de disponer de elementos científicos y académicos para dar a conocer los avances en el proyecto de investigación a la sociedad en general, con la finalidad de obtener retroalimentación y realizar mejoras a la investigación, la cual va dirigida a los pilares económico, social, ambiental e institucional, por lo que los resultados tienen impacto directo en estas.

Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Nombre y firma del Becario
CVU 1063981

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Nombre y firma del Coordinador del programa de posgrado

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Nombre y firma del responsable de supervisar la actividad

UPAEP Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

UPAEP Decanato de Ciencias Biológicas

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

14° COLOQUIO INTERDISCIPLINARIO DE POSGRADO

RTIES RED TEMÁTICA INTERINSTITUCIONAL DE ESPECIALISTAS EN SUSTENTABILIDAD

Otorgan la presente

Constancia

A: Aguilar Morales Shunashi Yectzin; Negrete Cardoso, Mariana; Rosano Ortega, Genoveva Sánchez Ruíz, Francisco Javier

Por su valiosa participación en el

14° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental

con la **Ponencia de Investigación**

Estrategias de economía circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra Pak

Puebla, Pue., México, 10 de septiembre de 2021

Dra. Laura Contreras Mioni
Decana de Ciencias Biológicas, UPAEP

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Directora de la Facultad de Ingeniería Ambiental, UPAEP
Presidenta de la Red Temática Interinstitucional de Especialistas en Sustentabilidad

Constancia de actividades de retribución social

Actividad 2. Impartir cursos de formación a profesores y comunidad universitaria del posgrado de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) sobre realización de análisis bibliométrico en el "software R: The R Foundation for Statistical Computing" en su base de datos biblioshiny.

Descripción de la actividad: El día 10 de febrero del 2022 se realizó una capacitación vía videoconferencia a compañeros, doctores y maestros del posgrado de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. En la capacitación se trato el tema de como descargar el software R para poder realizar análisis bibliométricos dentro de la base de datos Biblioshiny que forma parte del Software. Se enseño como realizar el análisis y obtener la información gráfica de este.

Fecha de inicio: 10 de febrero 2022

Fecha de término: 10 de febrero 2022

Institución en la que se realizó la actividad: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Mtra. Mariana Negrete Cardoso

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Catedrática e Investigadora de la UPAEP

Datos de contacto del responsable de la actividad: Cel. 222 563 4644 y correo: mariana.negrete@upaep.mx

Descripción del impacto social de la actividad: El impacto social de brindar la capacitación a profesores y comunidad universitaria es que todos cuenten con las competencias y herramientas específicas y necesarias para desempeñarse de manera eficiente dentro de la vida profesional y estudiantil, así como adquirir nuevos conocimientos que puedan ser transmitidos a otros estudiantes y profesores, con la finalidad de mejorar su potencial humano y motivación para lograr una colaboración más eficiente, que se traduce en incrementos de la productividad.

Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Nombre y firma del Becario
CVU 1063981

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del Coordinador del programa de posgrado

UPAEP
Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

Mtra. Mariana Negrete Cardoso

Nombre y firma del responsable de supervisar la actividad

UPAEP
Decanato de Ciencias Biológicas

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

Ingeniería Ambiental

Otorga la presente

Constancia

A: Shunashi Yectzin Aguilar Morales
Estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Por su destacada participación en la impartición del curso-taller:

Uso de software R: The R Foundation for Statistical Computing para análisis bibliométricos

Realizado el día 10 de febrero del 2022. Con una duración de 2 horas

Puebla, Pue., México, 10 de febrero de 2022

Dra . Laura Contreras Mioni
Decana de Ciencias Biológicas

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Coordinadora del prosgrado de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable, UPAEP

Constancia de actividades de retribución social

Actividad 3. Presentación de resultados de la tesis titulada "Estrategias de economía circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra Pak" ante estudiantes de licenciatura y posgrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental, así como a 34 investigadores miembros de la Red Temática Interinstitucional de especialistas en sustentabilidad (RTIES) de 17 instituciones públicas y privadas en el 15° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

Descripción de la actividad: En el 15° Coloquio se presentaron los resultados de la investigación como cierre de cuatrimestre y maestría, en donde se obtiene el 2° lugar en modalidad oral para la sala de manejo sustentable de recursos naturales.

Fecha de inicio: 08 de julio de 2022

Fecha de término: 08 de julio de 2022

Institución en la que se realizó la actividad: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Dra. Genoveva Rosano Ortega

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Profesora Investigadora de tiempo completo de la UPAEP.

Datos de contacto del responsable de la actividad: Cel. 222 212 1477 y correo: genoveva.rosano@upaep.mx

Descripción del impacto social de la actividad: El participar en el coloquio tiene el objetivo de disponer de elementos científicos y académicos para dar a conocer los avances y resultados en el proyecto de investigación a la sociedad en general, para obtener retroalimentación y realizar mejoras a la investigación, la cual va dirigida a los pilares económico, social, ambiental e institucional, por lo que los resultados tienen impacto directo en estas. Así mismo los resultados de la tesis aportan nuevos conocimientos a la sociedad en general, el cual servirá para poder valorizar residuos que son pocos comercializables y transitar hacia la economía circular.

Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Nombre y firma del Becario
CVU 1063981

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del Coordinador del programa de posgrado

UPAEP
Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del responsable de supervisar la actividad

UPAEP
Decanato de Ciencias Biológicas

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

15° COLOQUIO INTERDISCIPLINARIO DE POSGRADO

RTIES RED TEMÁTICA INTERINSTITUCIONAL DE ESPECIALISTAS EN SUSTENTABILIDAD

Otorga el presente

Reconocimiento

A: Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Por haber obtenido el

Segundo Lugar

Por la presentación de Avances de Tesis titulada. Sala: Manejo Sustentable de Recursos Naturales

Estrategias de economia circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa, un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra pak

En el Marco del 15° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Puebla, Pue., México, 08 de julio de 2022

Dra. Laura Contreras Mioni
Decana de Ciencias Biológicas, UPAEP

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Directora de la Facultad de Ingeniería Ambiental, UPAEP
Presidenta de la Red Temática Interinstitucional de Especialistas en Sustentabilidad

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

15° COLOQUIO INTERDISCIPLINARIO DE POSGRADO

RTIES RED TEMÁTICA INTERINSTITUCIONAL DE ESPECIALISTAS EN SUSTENTABILIDAD

Otorgan la presente

Constancia

A: Aguilar Morales, Shunashi Yectzin; Negrete Cardoso, Mariana; Rosano Ortega, Genoveva; Sánchez Ruíz, Francisco Javier; Román Benítez, Alfredo; Cruz Olivo, Claudia Olivia; Romero Levet, Francisco

Por su valiosa participación en el

15° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental

con la **Ponencia de Investigación**

Estrategias de Economía Circular para el reciclado de materiales de los envases multicapa un residuo poco comercializable. Caso de estudio: Tetra Pak

Puebla, Pue., México, 12 de julio de 2022

Dra. Laura Contreras Mioni
Decana de Ciencias Biológicas, UPAEP

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Directora de la Facultad de Ingeniería Ambiental, UPAEP
Presidenta de la Red Temática Interinstitucional de Especialistas en Sustentabilidad

Constancia de actividades de retribución social

Actividad 4. Apoyar al programa de posgrado de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable registrado en el SNP con número 004243 para asegurar la calidad del programa educativo de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

Descripción de la actividad: Realizar el seguimiento y capacitación de los estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable, para el cumplimiento de los formatos solicitados como formatos de tutoría, desempeño CONACYT y comité sinodal.

Fecha de inicio: 17 de agosto de 2020

Fecha de término: 23 de julio de 2022

Institución en la que se realizó la actividad: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Mtro. Fernando Morales Salgado

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Secretario académico del Decanato de Ciencias Biológicas de UPAEP.

Datos de contacto del responsable de la actividad: Cel. 222 754 1043 y correo: fernando.morales@upaep.mx

Descripción del impacto social de la actividad: El asegurar el cumplimiento de calidad de los alumnos y la propia universidad permite ofrecer profesionales con posgrados que son competentes, y poder brindar a la sociedad con sus investigaciones aportes científicos y tecnológicos que permitan solucionar problemas de la vida cotidiana.

Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Nombre y firma del Becario
CVU 1063981

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del Coordinador del programa de posgrado

Mtro. Fernando Morales Salgado

Nombre y firma del responsable de supervisar la actividad

UPAEP
Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

UPAEP
Decanato de Ciencias Biológicas

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

Ingeniería Ambiental

Otorga la presente

Constancia

A: Shunashi Yectzin Aguilar Morales
Estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Por su valiosa colaboración en la capacitación y supervisión del:

Programa de posgrado de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable registrado en el SNP con número 004243 para asegurar la calidad del programa educativo de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) durante los 2 años de maestría.

Puebla, Pue., México, 12 de julio de 2022

Mtro. Fernando Morales Salgado
Secretario Académico del Decanato de Ciencias Biológicas
UPAEP

Constancia de actividades de retribución social

Actividad 5. Divulgar la Ciencia y Tecnología mediante la presentación de resultados de investigación que lleva por nombre "Reciclado de los materiales de los envases multicapa utilizando vinazas para su valorización" derivado de la tesis, en el 4° Congreso Internacional de la Red de Medio Ambiente, CIMA 2021.

Descripción de la actividad: Se presentaron los resultados de la investigación en el Congreso realizado por el Instituto Politécnico Nacional, en donde la categoría en la que se participó fue "Nuevas Tecnologías, Energía y Medio ambiente", obteniendo el segundo lugar en la modalidad oral.

Fecha de inicio: 06 de octubre de 2021

Fecha de término: 08 de octubre de 2021

Institución en la que se realizó la actividad: Instituto Politécnico Nacional

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Dra. María Elena Tavera Cortés

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Profesora Investigadora de UPIICSA del IPN.

Datos de contacto del responsable de la actividad: Cel. 55 2183 7667 y correo: mtavera@ipn.mx

Descripción del impacto social de la actividad: Al participar en congresos internacionales, uno accede a una experiencia de aprendizaje única, en la cual se expanden las opciones de desarrollo profesional y de investigación al formar redes de contacto. Además, permite mantenernos actualizados de los desarrollos y tendencias tecnológicas y científicas, debido a que el cambio que la tecnología propicia y el extremo nivel de competencia en la actualidad hace que sea necesario publicar y dar a conocer a la sociedad en general los hallazgos de las investigaciones en congresos de altura y en revistas reconocidas de alto impacto, lo cual también sirve para generar confianza tanto profesional como personal.

Shunashi Yeztzin Aguilar Morales

Nombre y firma del Becario
CVU 1063981

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del Coordinador del programa de posgrado

Dra. María Elena Tavera Cortés

Nombre y firma del responsable de supervisar la actividad

UPAEP
Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

SEP IPN
UPIICSA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Sello de la institución a la que pertenece el responsable de la actividad

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

4° CONGRESO INTERNACIONAL DE LA RED DE MEDIO AMBIENTE

CIMA 2021

Otorga la presente

RECONOCIMIENTO

A: S.Y. Aguilar Morales

Por haber obtenido el **SEGUNDO LUGAR** de **PONENCIA ORAL** del tema

Nuevas tecnologías, energía y medio ambiente

TÍTULO: **Reciclado de los materiales de los envases multicapa utilizando vinazas para su valorización**

Cuernavaca, Morelos, México; 6 al 8 de Octubre de 2021

Dr. Jonathan Muthuswamy Ponniah
Comité Organizador
4°Congreso Internacional del Medio Ambiente CIMA 2021

Dra. Diana Cecilia Escobedo Urías
Coordinadora de la Red del Medio Ambiente del IPN

Dra. Kalina Bermúdez Torres
Sociedad Mesoamericana para la Biología y Conservación. Capítulo México

Constancia de actividades de retribución social

Actividad 6. Organización del 14° y 15° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). como un evento de formación y promoción de vocaciones científicas.

Descripción de la actividad: Participar como organizadora de coloquio, en donde las principales actividades realizadas fueron el registro de asistencia de participantes, moderadora del coloquio, así como la encargada de generar los promedios de los participantes expositores, así como hacerles llegar la retroalimentación de sus trabajos.

Fecha de inicio: 10 de julio de 2021

Fecha de término: 08 de julio de 2022

Institución en la que se realizó la actividad: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Nombre del responsable de supervisar la actividad: Dra. Genoveva Rosano Ortega

Cargo del responsable de supervisar la actividad: Profesora Investigadora de tiempo completo de la UPAEP.

Datos de contacto del responsable de la actividad: Cel. 222 212 1477 y correo: genoveva.rosano@upaep.mx

Descripción del impacto social de la actividad: El fungir como organizadora de coloquios permite obtener un crecimiento tanto personal como profesional, y que la sociedad en general pueda conocer los hallazgos encontrados en las investigaciones realizadas, los cuales suelen resolver problemas de la vida cotidiana o en su caso, encontrar nuevas áreas de oportunidad para desarrollarse, lo cual incrementa las oportunidades de desarrollo personal y profesional para todos los que participan en el coloquio siendo organizadores o expositores, así como la ampliación de las redes de contacto.

Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Nombre y firma del Becario
CVU 1063981

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del Coordinador del programa de posgrado

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Nombre y firma del responsable de supervisar la actividad

UPAEP Dirección Académica de Posgrados en Ciencias Biológicas

UPAEP Decanato de Ciencias Biológicas

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

14° COLOQUIO INTERDISCIPLINARIO DE POSGRADO

RTIES RED TEMÁTICA INTERINSTITUCIONAL DE ESPECIALISTAS EN SUSTENTABILIDAD

Otorgan la presente

Constancia

A: Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Por su valiosa participación en el

14° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Como organizadora

Puebla, Pue., México, 01 de octubre de 2021

Dra. Laura Contreras Mioni
Decana de Ciencias Biológicas, UPAEP

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Directora de la Facultad de Ingeniería Ambiental, UPAEP
Presidenta de la Red Temática Interinstitucional de Especialistas en Sustentabilidad

GOBIERNO DE MÉXICO | CONACYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Constancia de actividades de retribución social

UPAEP

15° COLOQUIO INTERDISCIPLINARIO DE POSGRADO

RTIES RED TEMÁTICA INTERINSTITUCIONAL DE ESPECIALISTAS EN SUSTENTABILIDAD

Otorgan la presente

Constancia

A: Shunashi Yectzin Aguilar Morales

Por su valiosa participación en el

15° Coloquio Interdisciplinario de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Como organizadora

Puebla, Pue., México, 12 de julio de 2022

Dra. Laura Contreras Mioni
Decana de Ciencias Biológicas, UPAEP

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Directora de la Facultad de Ingeniería Ambiental, UPAEP
Presidenta de la Red Temática Interinstitucional de Especialistas en Sustentabilidad

Dedicatorias

A Dios, por haberme dado la vida, guiarme en todo momento y permitirme el haber llegado a esta etapa tan importante de mi formación académica y profesional.

A mis padres, Héctor y Martha, quienes, con su amor, trabajo, paciencia y sacrificio en todos estos años, me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por su amor incondicional, por todos los valores y principios que me han inculcado, los amo.

A mi hermano, Héctor Nahuini, por su cariño y apoyo incondicional, por estar conmigo apoyándome en todo momento, por ser un pilar importante en mi vida.

A mis abuelos, Romelia y Macario, por estar siempre conmigo, por su amor y apoyo incondicional, por ser el perfecto ejemplo para salir adelante y nunca rendirse, por todos sus consejos que han sido de gran ayuda para mi vida. Y a mis abuelos, Oliva y Estanislao, Dios los tenga en su gloria, ahora son unos ángeles en mi vida, y se que desde donde están me bendicen y me cuidan.

A mi novio, Héctor Daniel, por alegrar cada día de mi vida y compartir esta etapa conmigo, por todo tu amor y apoyo incondicional, por motivarme e inspirarme en cada momento, y creer en mí y nunca dejarme caer, Te amo.

A mis tíos y tías, por su apoyo en toda mi vida, por los momentos que hemos compartido en familia y todo el cariño y amor que me brindan.

A mis primos, especialmente Romy, Arisbeth, Miguel, Ángel, Jeshua y Luis, a quienes considero como mis hermanos, por las risas, experiencias, el amor y apoyo que siempre me han dado.

A mis demás familiares, Morales Martínez y Aguilar Juárez, por ser parte importante de mi vida y por amarme y apoyarme siempre.

A mis amigos, por haber formado parte de cada una de las etapas más importantes de mi vida, por los momentos vividos y los trabajos compartidos.

Agradecimientos

A Dios, por guiarme en mi camino para poder cumplir de manera satisfactoria con esta etapa

A mis padres, hermano, abuelos, novio, tíos, tías y primos, por ser mi motor, inspiración y pilar importante en mi vida, que a través de su amor, apoyo, paciencia, consejos y buenos valores me ayudan a trazar mi camino.

A mi comité sinodal, la Mtra. Mariana, Dra. Genoveva y Dr. Francisco, quienes me dieron la confianza para desarrollar este proyecto, gracias por todo su apoyo durante la maestría, por su paciencia, sus enseñanzas, por compartir su conocimiento conmigo y por hacerme crecer cada día personal y profesionalmente.

A la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) por ser la institución que me abrió las puertas para estudiar la maestría, por permitirme utilizar sus instalaciones para la realización de este proyecto y todas las oportunidades brindadas. Una mención y agradecimiento especial a todos mis maestros y compañeros que formaron parte de esta importante etapa de mi vida y a mi tutora, la Dra. Estefanía, por por su apoyo y amistad durante mis años de formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo con la beca número con número 1063981 para poder realizar mis estudios de posgrado.

Al Departamento de Investigación de UPAEP, por otorgarme la beca de investigación para poder continuar con mis estudios.

A los aliados estratégicos, Tetra Pak, a Suministros, Consultoría y Proyecto S.A. de C.V. (SUCOPSA), los productores de mezcal a través de la Fundación Produce Puebla, el gobierno a través del Organismo Operador de Limpia Pública del municipio de Puebla (OOSL) y la asociación Al piso No, Recolectores Voluntarios, quienes en conjunto facilitaron los insumos y dieron soporte y viabilidad a esta investigación.

Contenido

1. **Introducción** 7
2. **Planteamiento del Problema** 10
3. **Justificación** 12
4. **Objetivos** 15
   - 4.1 **General** 15
   - 4.2 **Específicos** 15
5. **Hipótesis** 15
6. **Antecedentes** 15
7. **Marco Teórico** 19
   - 7.1 **Residuos** 19
     - 7.1.1 **Residuos Sólidos urbanos** 19
       - 7.1.1.1 **Envases multicapa** 20
     - 7.1.2 **Residuos líquidos de la producción de mezcal (vinaza)** 21
       - 7.1.2.1 **Mezcal** 23
       - 7.1.2.2 **Producción del mezcal** 24
   - 7.2 **Bioetanol de segunda generación** 29
   - 7.3 **Economía circular** 38
     - 7.3.1 **Objetivos de la economía circular** 39
     - 7.3.2 **Reciclaje** 40
   - 7.4 **Estrategias de comercialización** 41
8. **Marco contextual** 41
   - 8.1 **Tetra Pak** 41
     - 8.1.1 **Valorización del envase** 42
   - 8.2 **Impacto Social de la Investigación** 44
9. **Metodología** 46
   - 9.1 **Análisis bibliométrico de las estrategias de comercialización para el reciclado de residuos (1977-2021)** 46
   - 9.2 **Simulación molecular de la interacción química de los envases Tetra Pak y vinazas de mezcal** 46
   - 9.3 **Pruebas de laboratorio "batch" del proceso de separación de las capas de envases Tetra Pak a través de vinazas de mezcal** 47
   - 9.4 **Evaluación de la calidad del bioetanol generado de la valoración de la celulosa del envase Tetrapak y vinaza de mezcal** 49

9.5 Diseño de la estrategia de comercialización del bioetanol resultante de la valorización de envases multicapa y vinaza de mezcal. Caso de estudio Tetrapak 51

10. Resultados y Discusión 54

10.1 Estudio bibliométrico de las estrategias de comercialización para el reciclado de residuos 54

10.2 Simulación molecular de la interacción química de los envases multicapa y vinaza de mezcal 54

10.3 Pruebas de tratabilidad del proceso de separación de las capas de los envases multicapa a través de vinaza de mezcal 58

10.4 Caracterización por espectrofotometría del bioetanol 65

10.5 Estrategia de comercialización del bioetanol 68

11. Conclusiones 84

12. Referencias 86

13. Anexos 94

Índice de Figuras

Fig. 7.1 Composición porcentual de los residuos en el año 2020. 20
Fig. 7.2 Composición del envase multicapa 21
Fig. 7.3 Estados de producción de mezcal, con denominación de origen 24
Fig.7.4 Transformación del azúcar por Saccharomyces cerevisiae 27
Fig. 7.5 Transformación del azúcar por no Saccharomyces 28
Fig. 7.6 Proceso de obtención de mezcal con destilación tradicional..... 28
Fig. 7.7 Etapas generales del proceso de producción de bioetanol de acuerdo con la materia prima 30
Fig. 7.8 Generación de bioetanol de acuerdo con insumo utilizado..... 31
Fig.7.9 Biomasa lignocelulósica..... 32
Fig. 7.10 Componentes biomasa lignocelulósica y mecanismo de pretratamiento 34
Fig. 7.11 Hidrólisis ácida 35
Fig. 7.12 Fermentación de principales azúcares 36
Fig. 7.13 Objetivos de la Economía Circular 39
Figura 7.14 Objetivos-Estrategias de Economía Circular 40
Fig. 8.1 Productos resultantes de valorización del Polialuminio..... 43
Fig. 8.2 Pabellón de vivienda temporal resultado de valorización de envase Tetra Pak 44
Fig. 9.1 Enriquecimiento de vinaza de mezcal con celulosa de envase multicapa 49
Fig. 9.2 Fermentación de vinaza de mezcal con celulosa de envase multicapa..... 50
Fig. 9.3 Destilación de vinaza de mezcal posterior a enriquecimiento y fermentación 51
Fig. 9.4 Matriz de Ansoff 52
Fig. 10.1 Moléculas de principales componentes de vinaza de mezcal y envases multicapa 54
Fig. 10.2 Vista horizontal y vertical de fuerza energética de adhesión del envase multicapa en separación por vinaza de mezcal 55
Fig. 10.3 Respuesta de capacidad de separación de las capas del envase multicapa (Energía de enlace)..... 56
Fig. 10.4 Fuerza de enlace del polietileno y aluminio del envase multicapa 57
Fig. 10.5 Fuerza de enlace de la celulosa, polietileno y aluminio del envase multicapa 58
Fig. 10.6 Semaforización de la separación de la celulosa a través de vinaza de mezcal 60
Fig. 10.7 Semaforización de la separación del polietileno a través de vinaza de mezcal 61
Fig. 10.8 Semaforización de la separación del aluminio a través de vinaza de mezcal 62
Fig. 10.9 Semaforización de la separación de los materiales del envase multicapa a través de vinaza de mezcal 63

Fig. 10.10 Gráficos de superficie de las variables de mayor incidencia en el proceso de separación de los materiales del envase multicapa a través de vinaza de mezcal 64

Fig. 10.11 Curva de calibración de disoluciones etanol: agua destilada 66

Fig. 10.12 Curva de calibración de los destilados realizados 67

Fig. 10.13 Tres niveles de producto para la estrategia penetración de mercado (Producto actual/Mercado actual) 69

Fig. 10.14 Tres niveles de producto para la estrategia penetración de mercado (Producto actual/Mercado actual) 70

Fig. 10.15 Mapa de posicionamiento considerando precio y robustez 75

Fig. 10.16 Mapa de posicionamiento considerando precio y ventaja competitiva 76

Fig. 10.17 Cronograma de actividades de la estrategia de penetración de mercados 81

Fig. 10.18 Descripción de actividades 82

Fig. 10.20 Cálculo de Punto de Equilibrio y Tasa Interna de Retorno 84

Índice de Tablas

Tabla 7.1. Caracterización fisicoquímica de vinaza de mezcal: literatura vs Norma 22

Tabla 7.2 Especificaciones de NOM-142-SSA1/SCFI-2014 y NOM-138-SSA1-1995 37

Tabla 9.1 Disoluciones para curva de calibración etanol:agua 50

Tabla 10.1. Lectura de absorbancia de disoluciones de etanol y agua destilada 65

Tabla 10.2 Lectura de absorbancia y porcentaje de etanol de destilados realizados..... 66

Tabla 10.3 Intereses del perfil del cliente promedio 70

Tabla 10.4 Descripción del problema a resolver 71

Tabla 10.5 Análisis de la competencia 72

Tabla 10.6 Análisis de tendencias en industria de valorización de residuos 76

Tabla 10.7 Desarrollo de la táctica a utilizar 79

1. Introducción

El siglo XXI ha potencializado el crecimiento acelerado de la población, la evolución de la tecnología y la sustitución de la mano de obra por procesos industrializados, lo que ha provocado ambientes modernistas que tienen como desventaja el mal manejo de los recursos naturales del planeta y como actor principal al ser humano (Coyago et al., 2016). Así mismo, debido al consumo acelerado de materias primas, agotamiento de recursos y a la forma en la que se produce y consume en la actualidad, la cual está basada en un modelo lineal de producción y consumo, es que surge la necesidad de pasar de este modelo a uno más cíclico que implique compartir, alquilar, reducir, reutilizar, reparar, remanufacturar, restaurar, renovar, reusar y reciclar materiales y productos las veces que sea posible para crear un valor agregado y extender el ciclo de vida de estos, lo que implica reducir a su vez los residuos al mínimo (Prieto-Sandoval, et al., 2017; Mapfre, 2020).

La Economía circular surge a partir de esta necesidad, y tiene como objetivo maximizar el valor en cada punto de la vida de un producto, es decir, es un nuevo modelo de producción y consumo que trae consigo un crecimiento sostenible en el tiempo, de modo que con ella se pueda lograr la optimización de recursos, la reducción en el consumo de materias primas vírgenes y el aprovechamiento de los residuos, reciclándolos o dándoles una valor añadido para convertirlos en nuevos productos, donde la idea surge de imitar a la naturaleza, en la cual todo tiene valor y se aprovecha, logrando así mantener el equilibrio para un desarrollo sustentable (Niero y Hauschild, 2017; Repsol, 2022).

A nivel mundial, el manejo de los residuos sólidos urbanos, los cuales son los generados en las casas habitación principalmente, representan un problema ambiental y de salud debido a los 2.010×10^6 ton/año generado, siendo reciclado únicamente el 20% y el 80% se dispone en vertederos, lo cual a largo plazo puede repercutir en problemas de contaminación, debido a que se espera que para el año 2050, la cantidad de residuos generados se incremente a 3.40×10^6 ton/año. (World Bank Group, 2018). Ante esto surge la necesidad de proveer nuevas técnicas para la minimización de los residuos y su reciclaje, en donde la presente investigación cobra relevante importancia.

Un ejemplo de residuos sólidos son los envases multicapa, mejor conocidos como envases Tetra Pak, y son aquellos utilizados para el embalaje, almacén y transporte de bebidas y alimentos, y están compuestos por 6 capas de diferentes materiales como lo son polietileno aluminio y celulosa, dispuestos en diversos porcentajes, siendo la celulosa la de mayor presencia en el envase. Por sus características, su reciclaje a gran escala es costoso y por lo tanto no se incentiva su valorización, es por lo que, en México, en el 2021 solo se llegó a reciclar el 31% de los envases generados (A. Román, comunicación personal, 06 de junio 2022; Maxipet, 2022).

Por otra parte, las vinazas son un agua residual de la producción de diferentes bebidas alcohólicas, como es el mezcal, las cuales, son consideradas aguas complejas con una elevada

concentración de materia orgánica y bajo pH, cuya disposición sin tratamiento puede deteriorar la estructura del suelo, reduciendo su porosidad, causándole un problema de contaminación, además de aumentar su fitotoxicidad e inhibir la capacidad de germinación de semillas; a su vez cuando las vinazas son descargadas a cuerpos de agua su elevada concentración de materia orgánica y nutrientes puede provocar la eutrofización del agua, que en conjunto con la elevada temperatura que puede presentar y su alta acidez genera un ambiente no apto para la reproducción de diversos organismos (Díaz, Garzón y Moreno, 2020).

Por otro lado, el Bioetanol es un biocombustible que se puede ser utilizado como sustituto de combustibles derivados del petróleo, y el cual puede ser obtenido por fermentación microbiana de monosacáridos como la glucosa. En el estado de la técnica se han descrito diversos procesos para obtención de bioetanol a partir de alimentos ricos en azúcares como la caña de azúcar o el maíz, materiales celulósicos mediante técnicas en biotecnología, y sobre organismos o materiales modificados (Poole, 2016). La mayor parte de los estudios en torno a la generación de bioetanol se han enfocado en mejorar diversos aspectos de los microorganismos utilizados, enzimas, entre otros, sin embargo, no se ha puesto la suficiente atención en encontrar otras formas de obtener bioetanol que no involucren alimentos, o que pueda obtenerse a partir de valorización de residuos, razón por la cual en el presente trabajo se propone la obtención de bioetanol a partir de la valorización de la vinaza de mezcal y celulosa del envase multicapa (Cuellar-Milian et al., 2020).

A su vez, el crecimiento mundial en temas de tecnología de la información y comunicación, procesos organizacionales de las empresas, haciendo énfasis en la forma en que interactúan con la sociedad, ha dado origen a nuevos campos del conocimiento, destacando el marketing, marketing verde y las estrategias de comercialización, como una forma mediante la cual las empresas crean valor para los clientes y establecen relaciones sólidas con ellos, obteniendo a cambio la preferencia de los clientes, que se traduce en la fidelidad de estos hacia la marca y en ganancias para las empresas y consumidores (Mendivelso y Lobos, 2019). En la actualidad, las estrategias de comercialización en conjunto con el marketing verde, representan un área de oportunidad para poder generar ventas de productos que provienen de reciclaje de residuos o valorizaciones, es por lo anterior, que la presente investigación tiene como objetivo estudiar las estrategias de comercialización en el reciclado de materiales de los envases multicapa, para promover su valorización como alternativa sustentable de los recursos a través del modelo de economía circular. Caso de estudio: Tetra Pak.

La presente tesis se encuentra dividida en 13 capítulos diferentes, incluidos referencias y anexos, los primeros tres capítulos se refieren a todo el propósito de la investigación iniciando con la introducción, planteamiento del problema y justificación respectivamente. El cuarto capítulo incluye los objetivos general y específicos, los siguientes dos capítulos (5 y 6) incluyen la hipótesis, así como los antecedentes de la investigación con relación al envase

multicapa, vinaza de mezcal, bioetanol y estrategias de comercialización. Por su parte, en el capítulo siete se podrá encontrar todo lo correspondiente al marco teórico para entender lo que involucra el presente trabajo, que inicia desde la definición de residuos, residuos sólidos urbanos, enfatizando en envases multicapa, residuos de la producción de mezcal (vinaza), mezcal y su elaboración, bioetanol, economía circular y sus objetivos, detallando en reciclaje y finalizando con estrategias de comercialización. Posteriormente en los capítulos ocho y nueve se encontrarán los apartados de marco contextual, donde se incluye lo referente a Tetra Pak y la metodología dividida en 5 subcapítulos, que corresponden a cada objetivo planteado en la tesis. El capítulo 10 corresponde a los resultados y discusión, donde se da respuesta a cada apartado de la metodología. Por último, los capítulos del once al trece incluyen las conclusiones, referencias y anexos.

2. Planteamiento del Problema

En los últimos años, el consumo de materias primas ha alcanzado un ritmo acelerado que comprometerá la capacidad de sostenibilidad del planeta si no se consigue frenar o cambiar el actual modelo lineal de producción y consumo que se tiene, en este escenario, la Economía Circular (EC) se presenta como la solución a este problema (Prieto-Sandoval, et al., 2017). Debido a que responde a los desafíos del mundo, haciendo especial énfasis en la expansión económica y productiva actual dado a que promueve el flujo constante para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de materiales, residuos y la energía de estos, es decir, la EC es un modelo que tiene como objetivo generar bienestar económico, cuidar el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible, apoyándose del principio de las 3 R's (Reducir, Reusar, Reciclar), aplicable a todo el ciclo de vida de los productos (Prieto-Sandoval, et al., 2017; Moraga et al., 2019).

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; son los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020). En México, de acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2020, la generación per cápita de residuos es de 0.944 kg/hab/día y la generación total de residuos en el país de 120,128 ton/día, de las cuales el 31.56% corresponde a residuos susceptibles de aprovechamiento y de estos el 1.51% corresponde a envases multicapa, mejor conocidos como envases Tetra Pak. Así mismo, en el año 2021 se produjeron un total de 147,634 toneladas de envases aproximadamente, de los cuáles se reciclaron solo 46,800 toneladas, lo que equivale a poco más de mil 462 millones de envases, correspondientes a un 31.7%, lo cual indica que casi el 70% de los envases generados no llega a ser reciclado (A. Román, comunicación personal, 06 de junio 2022).

En este trabajo, al considerar la valorización de residuos poco comercializables, por un lado, se hace referencia a los envases multicapa, mismos que son 100% reciclables. Sin embargo, la complejidad técnica de la separación de las capas de los materiales que lo componen para su reciclado a gran escala lo hace costoso, debido que están formados por un 75% cartón (21 gr), 20% de polietileno (5.8 gr) y 5% de aluminio (1.4 gr), dispuestos en 6 capas: 4 de polietileno, 1 de aluminio y 1 de cartón, (Tetrapak, 2020) y, por lo tanto, no se incentiva su valorización.

De acuerdo con Álvarez (2018) a nivel mundial, el impacto ambiental generado por el envase multicapa es la acumulación de estos en vertederos, lo que genera un pasivo ambiental, y también le resta la posibilidad de que se puedan someter a un proceso específico para su

reutilización, ya que este producto genera impacto desde que se descarta, porque no ingresa a la cadena de valor, o se le da una vida extra, por lo tanto, al reciclador no le genera beneficio económico, debido a que no hay un sitio donde comercializar este tipo de envase y es por eso que llega a los vertederos o rellenos sanitarios. El estilo de vida actual ha provocado el aumento de la demanda de envases Tetra Pak, y se espera que en el futuro siga creciendo su presencia en el mercado tanto nacional como internacional. Por lo que es importante poner especial atención en ellos, ya que el envase convertido en pasivo ambiental al permanecer en botaderos y debido a su estabilidad (tiempo de degradación largo por sus componentes) podría afectar a los entornos bióticos por efecto de la migración de estos a cuerpos de agua provocando variación de las características de dicho entorno, afectando la calidad del suelo y las especies que viven en estos espacios (Álvarez, 2018, Hernández et al., 2019).

A través del presente, se hace una propuesta innovadora donde haciendo uso de un agua residual de la industria de la destilería, específicamente de la producción de mezcal (vinaza) se hace la separación de las capas de aluminio, celulosa y polietileno que comprenden los envases multicapa en donde se obtienen productos de valor agregado, por ejemplo, a partir de la celulosa y vinaza un producto de alta demanda como es el bioetanol.

Las vinazas, son un agua residual que presentan la característica de poseer alta carga orgánica, son generadas de la destilación del mosto de productos agrícolas con alto contenido de almidones como el maíz, sorgo y trigo, las frutas con altos contenidos de azucares como la piña, caña de azúcar, uva y los residuos agrícolas, es decir, se obtienen de la fermentación y destilación de los mostos en la producción de alcohol (Ibarra-Camacho et al., 2018; Rosano-Ortega et al., 2020). De acuerdo con la NOM-064-ECOL-1994 en relación con los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la destilería, las vinazas de mezcal sobrepasan la DQO (mg/L) hasta 471.5 veces, la DBO_5 (mg/L) hasta 167 veces y los sólidos suspendidos totales (mg/L) hasta 41 veces; lo que hace complejo y costoso su tratamiento para llegar a los límites máximos permisibles referidos en la norma (Instituto Nacional de Ecología [INE], 1995). Cabe destacar que la producción de mezcal anual a nivel nacional es de 7,846,251 litros a 8,099,591 litros para los años 2020 y 2021 respectivamente, encontrándose Puebla entre el 2° y 4° lugar de producción de mezcal y que por cada litro de mezcal producido se generan entre 8 y 15 litros de vinaza, de las cuales, alrededor del 80% de las vinazas generadas, se arrojan directamente en el agua o suelo sin previo tratamiento (Consejo Regulador del Mezcal, 2020; Consejo Regulador de la Calidad del Mezcal A.C., 2022).

Desde el punto de vista ambiental, su disposición final puede derivarse en afectaciones al medio, tales como: a) El pH ácido (3.4-4.5) provoca movilización de metales pesados en los suelos; b) Su almacenamiento en grandes reservorios emite gases de efecto invernadero (CH4); c) Efectos Fitotóxicos (alteraciones del aspecto, crecimiento, vigor, desarrollo y productividad de las plantas); d) Compuestos recalcitrantes: se tiene fenoles y polifenoles

(compuestos cancerígenos y mutagénicos, así como metales pesados (complejos químicos difíciles de tratar); e) Malos olores y proliferación de vectores; f) Reducción de la penetración de la luz solar, y por lo tanto, reducción del proceso de fotosíntesis y a las concentraciones de oxígeno disuelto (Rodríguez y de la Cerna, 2017; Rosano-Ortega et al., 2020).

Por otra parte, es importante resaltar la actual era del petróleo en la que vivimos, en la cual, existe una dependencia casi total del sector transporte con este recurso, lo que ha ocasionado numerosos problemas sociales, económicos, políticos y ambientales, por ejemplo, el uso paulatino de combustibles fósiles ha traído como consecuencia el calentamiento global por las altas emisiones de CO_2 que son emitidas a la atmósfera, lo que ha dado como nuevas tecnologías para producir combustibles no convencionales, que implican el uso de materias primas naturales dando lugar a los llamados biocombustibles dentro de los cuales destaca el bioetanol (Rodríguez-Hernández et al., 2016).

Algunos países han mostrado diferentes adelantos tecnológicos y uso de materias primas para la producción y uso de biocombustibles, sin embargo, se han utilizado cultivos necesarios para la alimentación humana para producirlos, por lo cual, se requiere explorar nuevas áreas y materiales que permitan generar combustibles de bajos costos ambientales y económicos y que no utilicen alimentos necesarios para las personas (Rodríguez-Hernández et al., 2016). Es por eso, que en los últimos años ha surgido la alternativa de producir bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica, siendo esta la fuente orgánica de energía renovable más abundante en la tierra y la cual, está disponible para la conversión de etanol y otros productos de valor agregado (Romero et al., 2019).

Lo anterior, pone de manifiesto la necesidad de establecer alternativas por medio del desarrollo tecnológico para el tratamiento de estos residuos "poco comercializables" e impacto ambiental negativo, reincorporándolos en la cadena de valor, mediante la aplicación de modelos de E.C y estrategias de comercialización para la venta de productos resultantes de la valorización. En este sentido, el uso de las vinazas para la separación de las capas de los envases multicapa, y la generación de bioetanol a partir de la vinaza de mezcal y la celulosa del envase, son unas alternativas para su valorización y posible comercialización, lo que representa una ventaja social, ambiental y económica; generando beneficios desde el productor, la sociedad, el ecosistema y la economía local, regional y nacional.

3. Justificación

De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2020 la generación per cápita de residuos en México es de 0.944 kg/hab/día y la generación total de residuos en el país de 120,128 ton/día, donde más del 30% de estos corresponde a residuos susceptibles a ser aprovechados (SEMARNAT, 2020). Así mismo de acuerdo con el reporte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre la Situación de la gestión de residuos

sólidos en América Latina y el Caribe 2015, la generación promedio es de 0.6-0.9 kg/hab/día, por lo que la de México está por sobre la media de la región (BID, 2015).

Si bien, los envases multicapa son 100% reciclables gracias a su composición de materiales como el aluminio, cartón y polietileno, el reciclaje de estos a gran escala es costoso, ya que comprende una etapa de separación de los materiales, lo cual es complicado por todas las capas que contiene, y en su mayor parte no se realiza una separación completa del material, más bien se utiliza en conjunto para elaborar o reforzar materiales que son utilizados para la construcción como los conglomerados, los cuales cuentan con propiedades mecánicas y acústicas mejoradas, o en algunos casos, para la separación y reciclaje del envase, únicamente se pone especial atención en el uso de uno de sus materiales, aunado a que los procesos de separación involucran temperaturas y trabajos mecánicos, que requieren de máquinas especiales que complican su implementación y acceso , además de que elevan los costos del proceso (Rosano-Ortega et al., 2020).

Acorde con la SEMARNAT (2020) en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, los envases multicapa representan únicamente el 1.51% en peso de la composición promedio de los residuos susceptibles de aprovechamiento; lo cual indica que no se está acopiando debido al bajo costo de venta del residuo que en promedio es de $2.00 M.N., desaprovechando de esta manera materiales con potencial de ser valorizados, los cuales en el mejor escenario terminan en un relleno sanitario (C. Cruz, comunicación personal, 28 de septiembre de 2020). Es por lo que con el presente proyecto se busca propiciar la separación de los materiales de estos envases para buscar alternativas de reciclado hasta llegar a productos comercializables, como lo es, la generación de bioetanol para el reciclado de la celulosa.

Por otra parte, la vinaza se considera como uno de los mayores contaminantes que la industria alcoholera origina, debido a que por sus características fisicoquímicas especificas necesita un tratamiento complejo, ya que tiene una elevada carga orgánica e inorgánica (DBO_5 y DQO) y presencia de sales, ácidos, fenoles, sólidos suspendidos y disueltos que resultan sumamente contaminantes y donde aproximadamente el 80% de las vinazas generadas son descargadas directamente en los cuerpos de agua, al sistema de alcantarillado municipal o al suelo sin recibir el tratamiento adecuado para su disposición, quitándole a su vez, la oportunidad de ser aprovechada (Rodríguez y de la Cerna, 2017).

Con la realización del presente proyecto se busca propiciar una mejor calidad de vida para los mezcaleros, ayudándoles a mejorar sus fuentes de ingresos y que esto sirva como motivación a los jóvenes a continuar con esta actividad agrícola y mantener los usos y costumbres en el proceso artesanal de esta bebida que forma parte de la cultura líquida de México (Consejo Regulador del Mezcal, 2020). Los mezcaleros a través de este proyecto buscan una producción sustentable que les permita una ventaja competitiva, en el cuál puedan

darles un valor agregado a sus residuos (vinazas) y que con esto se pueda mejorar la penetración de su producto en el mercado nacional e internacional (M. Mora, comunicación personal, 22 de mayo de 2020).

Así mismo este proyecto es viable debido a que se cuenta con el registro de dos patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) con número MX/a/2020/003941 y MX/a/2020/004028, para el proceso de separación de los materiales de los envases multicapa con vinaza y la generación de bioetanol a partir de la vinaza enriquecida con la celulosa. Los rendimientos que se tienen en la separación de los materiales con este método son > 95%, siendo mejores que los métodos tradicionales existentes en los cuáles se usa como disolvente agua, sustancias que provienen de hidrocarburos y ácidos donde es necesario el uso de otras sustancias para separar el disolvente utilizado, o someter el proceso a elevadas temperaturas y con grandes cantidades de reactivos, con lo cual la presente investigación tiene una ventaja ya que con el método utilizado para la separación se hace únicamente uso de la vinaza y el envase multicapa, siendo ambos residuos.

Adicionalmente, las crecientes demandas de combustible derivado del petróleo, debido al rápido desarrollo de la industria automotriz, junto con los problemas de contaminación ambiental, han inspirado los esfuerzos en la exploración de combustibles alternativos como lo es el bioetanol, el cual posee un mercado que en gran parte está siendo derivado de la caña de azúcar, el trigo y maíz, los cuáles han generado gran controversia por ser recursos utilizados tanto para la alimentación como para la producción de biocombustibles ocasionando afectación en la sostenibilidad alimentaria de las personas y por su demanda, el alza del precio de estos; es por ello que existe un alto interés en analizar formas alternas de obtener bioetanol como fuente energética y para consumo industrial sin hacer uso de productos utilizados para la alimentación, siendo la propuesta de la presente investigación una opción para la obtención de este producto. (Hernández, 2017; Romero et al., 2019).

Finalmente, el presente proyecto se considera relevante, debido a que no existe información alguna sobre la separación de los tres componentes del envase multicapa a través de vinaza de mezcal, y sobre la producción de bioetanol a partir de la valorización de estos materiales, específicamente la celulosa del envase multicapa y la vinaza, además de que no hay estudios donde se relacionen y estudien las estrategias de comercialización con el reciclaje de residuos, sino que los analizan de forma separada y no en conjunto. Para darle soporte y viabilidad al presente proyecto, además de facilitar los insumos necesarios para la realización de este, se tiene como principales sectores vinculantes a la empresa Tetra Pak, como aliado estratégico a Suministros, Consultoría y Proyecto S.A. de C.V. (SUCOPSA), los productores de mezcal a través de Fundación Produce Puebla, el gobierno local a través del Organismo Operador de Limpia Pública del municipio de Puebla (OOSL), la asociación Al piso No, Recolectores Voluntarios y la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

4. Objetivos

4.1 General

Estudiar las estrategias de comercialización en el reciclado de materiales de los envases multicapa, para promover su valorización como alternativa sustentable de los recursos a través del modelo de economía circular. Caso de estudio: Tetra Pak.

4.2 Específicos

- Estudiar las estrategias de comercialización de residuos, así como la composición, características y propiedades de los envases multicapa y vinazas de mezcal a través de investigación documental que dan factibilidad a su valorización**.**
- Analizar la interacción química de los materiales de los envases multicapa con la vinaza de mezcal a través de simulación molecular para conocer su capacidad de reacción.
- Validar el proceso de separación de las capas de los diferentes tipos de envases multicapa por medio de vinazas de mezcal a través de la experimentación "batch" a escala laboratorio basado en el diseño de experimentos (multifactorial con múltiples variables) para proponer la estrategia de comercialización aplicable.
- Evaluar la calidad del bioetanol resultante de la valoración de la celulosa del envase multicapa y la vinaza de mezcal, a través de la normatividad aplicable para su uso.
- Diseñar la estrategia de comercialización a través de los resultados del análisis bibliométrico, de laboratorio y de la retroalimentación por parte de los usuarios para promover la valorización de los envases multicapa como lo es el Tetra Pak en la generación de bioetanol.

5. Hipótesis

La generación de bioetanol a partir de la valorización de los envases multicapa y vinaza de mezcal es técnicamente viable, amigable con el medio ambiente y económicamente competitivo que lo hace un proceso sustentable y de interés comercial.

6. Antecedentes

Es importante resaltar las investigaciones que se han hecho sobre el reciclaje de los envases multicapa y la valorización de sus materiales, además de las estrategias de economía circular que se han aplicado en los últimos años y las diferentes técnicas para lograr separar los materiales (celulosa, polietileno y aluminio) de los envases multicapa.

La economía circular (E.C.), en los últimos años ha tenido un crecimiento importante, ha sido respaldada como una política para minimizar las cargas al medio ambiente y estimular la economía, debido a que busca reducir la entrada de materiales nuevos y minimizar la generación de residuos para desvincular el crecimiento económico del uso de recursos naturales. El creciente interés de gobiernos, industria y la sociedad en la implementación de

la E.C. ha llevado a averiguar sobre su conexión directa con el desarrollo sostenible (Prieto-Sandoval, Jaca y Ormazabal, M, 2017; Moraga et al., 2019).

Diversas naciones están adoptando la E.C. en todo el mundo; China fue el primer país en promulgar una ley específica en 2008 relacionada con la EC, además Alemania y Japón fueron pioneros en promover la E.C. en políticas concretas, así mismo, a finales del 2015, la Unión Europea aprobó un plan de acción para implementarla en los diferentes sectores, haciendo énfasis en la eficiencia de los recursos y residuos (Prieto-Sandoval, Jaca y Ormazabal, M, 2017; Moraga et al., 2019).

En el tema de valorización de residuos, Mendizábal (2016) estudio la separación de los principales componentes del envase multicapa principalmente el aluminio contenido en los pliegues PE-Al-PE por medio de soluciones de agua y ácido acético dejando reposar las láminas por cierto tiempo y luego separándolas mecánicamente, los parámetros analizados fueron temperatura, tiempo, pH, concentración y tipo de envase, obteniendo como resultado que las soluciones de ácido acético a diferentes concentraciones logran una separación exitosa de las láminas de PE-Al mediante ataque redox, siendo el rango óptimo una concentración de 2.99 M y 14 horas de contacto. Por otra parte, Enríquez et al., (2017) desarrollaron un método para la obtención de aglomerados para utilizarlos en la construcción o como divisiones en interiores a partir de reciclar los envases multicapa, en el que las variables estudiadas fueron tamaño de partícula, temperatura, tiempo de calentamiento y presión en la prensa caliente; el aglomerado obtenido tiene la propiedad de ser hidrofóbico, presenta estabilidad dimensional frente a cambios de humedad, resistencia química, es ignífugo y puede ser aserrado y taladrado.

Así mismo existe un proceso para el reciclaje y valorización de los residuos de envases de cartón plastificados y aluminizados registrado como Patente con número US 2017/0342233 A1, en el cual mediante un método y equipo de extracción utilizando disolventes como el hexano o queroseno y agua se separan los componentes de los envases y como solvente de lavado se utilizan alcanos de bajo y medio punto de ebullición como el hexano o etanol, lo que permite la recuperación del polietileno, aluminio y celulosa, aportando ventajas de obtener polímero de grado reutilizable; obteniendo aluminio aislado que se puede fundir y purificar mediante procesos convencionales o si se prefiere para ser utilizado como materia prima para la producción de derivados de aluminio como sales, organoaluminio, o incluso pigmento de aluminio y una pulpa de celulosa para ser utilizada en la fabricación de papel o cajas (Juárez, 2016).

Karaboyaci et al., (2017) estudiaron el proceso de separación de los materiales de los envases multicapa utilizando cloroformo como disolvente, donde las variables que se tomaron en cuenta fueron la temperatura, masa del envase, volumen del disolvente y tiempo de reacción, los resultados muestran que el proceso es viable para la separación de los materiales, se hace

énfasis en los porcentajes en los que se encuentra cada componente en el envase, siendo de más del 20% de PE, 75% celulosa y 5% aluminio, donde con el proceso estudiado se recuperó 19% de PE, 76% de celulosa y 6% de aluminio en peso total.

De igual forma, Baskoro et al., (2017) desarrollaron un método en el que se utiliza un proceso hidrotermal para producir combustible sólido a partir de la celulosa del envase y recuperar los compuestos de aluminio y polietileno, se realizaron nueve experimentos en los cuáles las variables de estudio fueron el tiempo de mantenimiento y la temperatura, los resultados mostraron que con el tratamiento hidrotermal se pueden separar la celulosa, polietileno (PE) y aluminio (AL) del envase, y que se puede aumentar el valor calorífico de la biomasa de los envases, haciéndola comparable a lignito y carbón, así mismo, el rendimiento de aluminio del proceso fue de hasta 37%, siendo la temperatura óptima de funcionamiento de 240°C y el tiempo de mantenimiento de 60 min.

Por otra parte, Georgiopoulou et al., (2021) desarrollaron un proceso en el cual mediante hidropulpado obtienen la celulosa y con un proceso de disolución-precipitación selectiva (SDP) el PE y Al de los envases multicapa, para este último proceso se utilizó como disolvente el xileno y como antidisolvente para precipitar el PE el isopropanol, las variables estudiadas fueron tiempo de contacto, temperatura, velocidad de agitación, relación de la concentración de disolvente y antidisolvente con cantidad de envase; los resultados mostraron que la técnica propuesta lleva a una alta recuperación de los materiales de los envases, donde el PE se recuperó como un polvo blanco de alta pureza con propiedades técnicas similares al PE puro, la celulosa como pulpa y el aluminio como capas o pequeñas láminas.

A su vez, en México, la empresa líder en la producción de envases multicapa es Tetra Pak, por lo que es importante resaltar lo que realizan para el reciclaje de estos envases, de acuerdo con A. Román (comunicación personal, 03 de noviembre, 2020), gerente de Sustentabilidad de Mercado de Tetra Pak, mediante diversas estrategias, se acopian los envases multicapa y a través de un proceso de hidropulpeado con agua se logran separar las capas del envase, quedando la fibra de un lado y una mezcla de polietileno y aluminio (polialuminio) por otro. La empresa cuenta con diversos aliados empresariales, los cuáles mediante diversos procesos valorizan los materiales del envase multicapa, fabricando diversos productos como lo son a partir de la fibra: suelas de zapato, papel higiénico, cajas, servilletas, tubos de papel, bolsas de papel, etc; y a partir del polialuminio: láminas, bancas, tejas, mesas, sillas, base de escobas, pisos permeables, entre otros (A. Román, comunicación personal, 03 de noviembre de 2020).

Derivado de que, en el presente proyecto, a partir de la valorización de la celulosa y la vinaza de mezcal se obtiene bioetanol, es importante resaltar los estudios hechos sobre generación de este, el cual puede ser obtenido del maíz, caña de azúcar y remolacha, por medio de

procesos de fermentación enzimáticos de sus azúcares para producir alcoholes, y donde es importante resaltar que más de mil millones de toneladas de materiales que se componen de celulosa, como el aserrín, césped, hojas de árboles, viruta de madera, etc., se generan anualmente y que de su destilación fermentativa podrían ser obtenidos aproximadamente 30% de los combustibles necesarios para los automóviles en el 2050 (Chagua, Moquillaza y Quiroz, 2020).

El bioetanol elaborado a partir de celulosa se denomina biocombustible de segunda generación, y en el que la materia prima utilizada son los materiales lignocelulósicos como los residuos forestales y agroindustriales, por ejemplo la paja, cáscara de cereales, aserrín, papel, etc. Este tipo de residuos son una alternativa interesante debido a las ventajas que tienen respecto a las materias primas convencionales (caña de azúcar, maíz y sorgo dulce), ya que no compiten con la industria alimentaria. Así mismo, es importante destacar que la producción de bioetanol en el mundo es manejada por algunas naciones siendo Estados Unidos, Brasil y China el primer, segundo y tercer lugar respectivamente en cuanto a producción y consumo de este (Poole, 2016).

Poole (2016) estudió el proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos de papel de oficina mediante una reacción de hidrólisis ácida utilizando ácido sulfúrico diluido para la transformación de la celulosa en glucosa y su posterior fermentación y destilación, en donde se analizaron las variables de tiempo de hidrólisis, volumen y concentración de ácido e influencia de la tinta, los resultados obtenidos muestran que es viable la obtención de este biocombustible a partir del papel, donde las mejores condiciones del proceso fueron 116 minutos de tiempo de hidrólisis a una temperatura de 121°C y un volumen de 200 ml de ácido al 5%, obteniendo en el producto final una concentración de etanol del 9.67% cumpliendo con los requisitos para ser utilizado como componente de mezcla en combustibles.

Además, Santos et al., (2020) estudiaron los procesos de sacarificación enzimática y fermentación de papel usado para la obtención de bioetanol, donde el proceso de sacarificación se realizó con la enzima celulasa Cellic CTec2 / Novozymes y la fermentación con levaduras como *Saccharomyces Cerevisiae*, las variables estudiadas fueron concentración enzimática, temperatura, pH, tiempo y volumen; los resultados mostraron mejores condiciones para la producción de etanol utilizando el coctel enzimático Cellic CTec2 con carga de 70 FPU/g de levadura comercial S. *Cerevisiae,* logrando un rendimiento de 9.16 ± 0.98g/L de etanol y 77% de eficiencia fermentativa.

Respecto a las estrategias de comercialización y su relación con los residuos, se cuenta como antecedente con el artículo realizado como parte complementaria de la tesis, que lleva por nombre “Estrategias de comercialización para el reciclado de residuos: un análisis bibliométrico hacia la economía circular”, (“Marketing strategies for waste recycling: a

bibliometric analysis towards the circular economy"), en donde se detalla la información encontrada sobre el estado del arte de estos temas, y el cual se encuentra en el anexo 1.

Como se mencionó, existen alternativas en torno a la economía circular que nos permite reincorporar los materiales del envase multicapa a cadenas de valor para generar diversos subproductos, sin embargo, no existe evidencia alguna o trabajos previos sobre la utilización de la vinaza de mezcal para separar las capas del envase multicapa y generar a partir de esta y de la celulosa un bioetanol, lo cual radica en el propósito del presente trabajo.

7. Marco Teórico

7.1 Residuos

De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2015) en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos, se definen como aquel material o producto cuyo propietario desecha y que se pueden encontrar en estado sólido o semisólido, o como un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que pueden ser susceptibles de ser valorizados o que requieren sujetarse a un tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

7.1.1 Residuos Sólidos urbanos

Son definidos como los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases o empaques, es decir son aquellos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la ley como residuos de otra índole (DOF, 2015).

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2020) en su Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, la generación total de residuos en el país en el año 2020 se estimó en 120,128 t/día, y la generación per cápita de 0.944 kg/hab/día, la cual, es considerada como un indicador que se utiliza para estimar la cantidad de residuos producidos en las localidades, para así poder tomar decisiones al momento de dimensionar las instalaciones o equipos necesarios para su recolección, aprovechamiento o disposición final.

El conocimiento de la composición de los residuos se utiliza fundamentalmente para determinar los subproductos o fracciones de los residuos aprovechables o que puedan ser valorizados, y cuáles serían los sistemas más adecuados para ello. La clasificación de los RSU se muestra en la siguiente figura 7.1, la cual su generación y composición para el año 2020 fue de 31.55% correspondiente a residuos susceptibles de aprovechamiento, el 46.42% a residuos orgánicos y el 22.03% a otros residuos (SEMARNAT, 2020).

CATEGORÍA[8]	SUBPRODUCTOS	PORCENTAJE
Susceptibles de aprovechamiento: 31.55%	Cartón	4.55
	Envase de cartón encerado	1.51
	Fibras sintéticas	0.34
	Hule	0.54
	Lata	0.98
	Material ferroso	0.88
	Material no ferroso	0.57
	Papel	5.07
	PET	2.63
	Plástico rígido y de película	7.66
	Poliestireno expandido	1.55
	Poliuretano	0.55
	Vidrio de color	1.60
	Vidrio transparente	3.13
Orgánicos: 46.42%	Cuero	0.46
	Fibra dura vegetal	0.73
	Hueso	0.52
	Madera	0.79
	Residuos alimentarios	33.07
	Residuos de jardinería	10.84
Otros: 22.03%	Algodón	0.15
	Loza y cerámica	0.46
	Material de construcción	0.70
	Pañal desechable	6.75
	Residuo fino	2.25
	Trapo	2.82
	Otros	8.90
Total		100

Fig. 7.1 Composición porcentual de los residuos en el año 2020.
Fuente: SEMARNAT (2020).

7.1.1.1 Envases multicapa

El material de embalaje se ha convertido en un elemento esencial en todas las industrias de alimentos y bebidas. La idea de utilizar papel para envases de líquidos comenzó a principios del siglo XIX y se desarrolló aplicando diferentes recubrimientos para mejorar su desempeño. Al principio, solo había en el mercado envases no asépticos, por lo que se aplicó papel encerado para almacenar productos lácteos para su distribución, sin embargo, surgió un problema porque tales productos no podían almacenarse durante mucho tiempo y había un alto riesgo de generación de residuos, por lo que surgió la necesidad de agregar una capa de polietileno, lo que llevó a la introducción del envasado aséptico, el cual podría extender la vida útil del producto por varios meses. El desarrollo continuó con la aplicación de una capa de aluminio para mejorar la protección del producto almacenado (Baskoro et al., 2017).

Los envases multicapa, comúnmente conocidos como Tetra Pak o envases de vida larga, son producidos por los principales fabricantes: SIG, Combibloc, Elopak, Greatview y Tetra Pak. Dichos envases se utilizan generalmente para el almacenamiento de productos alimenticios perecederos como jugos y lácteos; y por sus características en la composición permite que los productos sean distribuidos sin refrigeración durante periodos relativamente largos de tiempo. (Zawadiak et al., 2017).

El envase multicapa está constituido principalmente por un 75% cartón, 20% polietileno y 5% aluminio, distribuidos en 6 capas de adentro hacia afuera con el siguiente orden: polietileno, polietileno, aluminio, polietileno, papel y polietileno (Figura 7.2). Las capas internas de polietileno tienen la función de proteger de la humedad del ambiente y permite que el cartón se pegue al aluminio, así mismo, la capa de aluminio protege contra el oxígeno y la luz para mantener el valor nutricional y sabor del alimento contenido en el envase a temperatura ambiente y finalmente el cartón brinda estabilidad, fuerza y suavidad para la superficie de impresión (Tetra Pak, 2021).

Los aditivos, como la tinta de impresión y el pigmento que da color a la tapa, representan una pequeña parte del peso del paquete (normalmente <1%) cálculo de la proporción de material renovable (Tetra Pak, 2021).

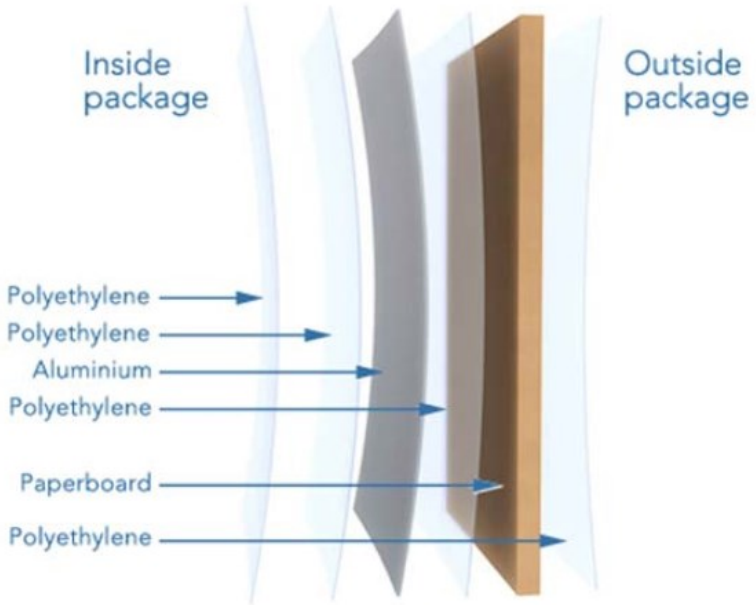


Fig. 7.2 Composición del envase multicapa.
Fuente: Tetra Pak (2021).

7.1.2 Residuos líquidos de la producción de mezcal (vinaza)

Las vinazas son aguas residuales muy contaminantes, generadas en la producción de diferentes bebidas alcohólicas, como el tequila, ron, vodka, mezcal entre otros; es decir, son el líquido no necesario para la producción de bebidas, resultado de la fermentación y destilación del mosto de diversos cultivos (sorgo, maíz, cebada, remolacha, agave, caña de azúcar, etc.) en la industria de la producción de alcohol y se definen como el residuo formado por el material no volátil que queda en el fondo del alambique después del destrozamiento y rectificación del mosto de agave fermentado (Centro de Investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco A.C., 2004; Díaz, Garzón y Moreno, 2020; Rosano-Ortega et al., 2020).

Por cada litro de alcohol producido se obtienen de 12 a 15 litros de vinaza aproximadamente (CONADESUCA, 2016). Físicamente, la vinaza es un líquido turbio, de color marrón, con un alto porcentaje de materia orgánica, ácidos acético y lácticos, glicerol, melanoidinas, así como especies inorgánicas como sales de sulfatos y fosfato, solidos disueltos y en suspensión variable que lo pueden hacer fluido o espeso, elevada concentración de fenoles, los cuales son considerados como recalcitrantes por su alta dificultad para degradarse, además de que posee conductividad y elevada dureza lo cual indica que es un residuo tóxico para la vida acuática si se realiza su vertimiento sin el tratamiento adecuado; tiene un olor característico a alcohol-caramelo; están formadas por fibrillas de agave que no se retuvieron en la etapa de filtración del jugo de agave, células de levadura agotada, azúcares residuales, ácidos, ésteres, alcoholes superiores, sustancias que le brindan su color característico, y aunque no son residuos peligrosos, se catalogan dentro del tipo de aguas residuales complejas (Centro de Investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco A.C., 2004; Cuellar-Milian et al., 2020; Rosano-Ortega et al., 2020).

La composición química de las vinazas es variable y depende del método utilizado en la fermentación alcohólica, las especies de levaduras utilizadas y de la materia prima utilizada en la destilación (CONADESUCA, 2016). Se considera altamente contaminante debido a su pH bajo en el rango de 3-5, y alto contenido de materia orgánica (35.000-50.000mg O2/L como DBO o 100.000-150.000mg O2/L como DQO) que suele ser tóxica y recalcitrante. Las vinazas son motivo de preocupación medioambiental porque su vertido a las masas de agua o a los suelos sin previo tratamiento puede tener un impacto negativo en el ecosistema. Por ello, es necesario un tratamiento antes de su vertido, el cual suele ser costoso y complejo, ya que generalmente las vinazas no cumplen con la norma NOM-064-ECOL-1994 "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la destilería" (DOF, 1995), por tener características fisicoquímicas muy específicas como se observa en la tabla 7.1, de la composición principal de la vinaza de mezcal y los parámetros establecidos en la Norma (Villalobos, 2009; Robles-González et al., 2012, Rodríguez y de la Cerna, 2017 y Rosano-Ortega et al., 2020).

Tabla 7.1. Caracterización fisicoquímica de vinaza de mezcal: literatura vs Norma

Compuesto	Concentración (mg/L)	NOM-064-ECOL-1994
pH	3.5-3.8	6-9
Conductividad (mS/cm)	2.6-4.2	NA
Color (475 nm)	4-6-10.6	NA
DQO (mgO_2/L)	54,033-122,860	260
DBO_5 (mgO_2/L)	22,000-33,600	200
Fenol	478-542	NA
Fructosa	14.8-50	NA

Nitrógeno Kjeldahl	660-5,650	NA
Sólidos totales	26,830-94,730	NA
Sólidos suspendidos totales	700-8,400	200
Sólidos volátiles suspendidos	1130-6850	NA
Sólidos suspendidos fijos	200-2000	NA
Fosfatos	290-1705	NA
Sulfatos	308-947	NA
Nitritos	70	NA
Nitratos	91.1	NA
Azúcares totales	15-58	NA
Cenizas (%)	3.02-6.39	NA
Sodio (Na)	7.8-31.8	NA
Potasio (K)	31.3-566	NA
Magnesio (Mg)	17.3-883	NA
Calcio (Ca)	62.2-1088.68	NA
Fe (Fierro)	3.9-29.520	NA
Zinc (Zn)	0.560-0.310	NA
Cobre (Cu)	0.88-2.35	NA
Ácido láctico	0-0.110	NA
Ácido acético	1.930-2.250	NA
Ácido propiónico	0.040-0-030	NA
Ácido butírico	0.020-0-030	NA
Etanol	2.45-3.72	NA

Fuente: González (s.f.); DOF (1995); Villalobos (2009); Retes (2014); Rodríguez y de la Cerna (2017) y Robles-González et al., (2012).

7.1.2.1 Mezcal

En México el sector agroindustrial, es una actividad fundamental sobre todo en el medio rural, en el cual habita una gran parte de la población nacional y es la fracción manufacturera que procesa materias primas y productos intermedios agrícolas, forestales y pesqueros. Dentro de esta categoría se incluye a los fabricantes de alimentos, bebidas, tabaco, textiles, muebles y productos de madera, papel, subproductos de este con su impresión, además de caucho y sus productos derivados (Rodríguez y de la Cerna, 2017).

En México un producto agroindustrial de gran importancia es el mezcal, el cual se obtiene como producto de la destilación de los mostos fermentados de las piñas o cabezas cocidas del maguey o agave, su nombre se ha utilizado desde hace al menos 400 años y de acuerdo con Vega y Pérez (2017) se puede definir a partir de su etimología mexcalli, palabra náhuatl que significa un dulce trozo de quiote o piña de maguey (metl) cocido (ixcalli). Así se le conoce a la planta misma viva en el campo y a la bebida alcohólica obtenida por la destilación y rectificación de los mostos preparados con los azúcares extraídos del tallo y base de las hojas de los agaves mezcaleros de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SFCI-1994 (Rodríguez y de la cerna, 2017).

México cuenta con 15 denominaciones de origen, las cuales se consideran de interés debido a sus impactos positivos en la economía y en la sociedad en general. Entre las más destacadas se encuentra la denominación de origen mezcal (DOM) por ser la segunda en antigüedad y la primera en extensión territorial (Figura 7.3). El principal exponente es el Estado de Oaxaca, debido a que es el principal productor de mezcal a nivel nacional con 97.3% de la producción total, seguido por estados como Puebla, Durango, Guanajuato, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas, Michoacán y Zacatecas (Vega y Pérez, 2017; Consejo Regulador del Mezcal, 2020).

Fig. 7.3 Estados de producción de mezcal, con denominación de origen
Fuente: Rodríguez y de la Cerna (2017)

7.1.2.2 Producción del mezcal

Cosecha: La cosecha del agave es el primer paso en el proceso de elaboración del mezcal y en la cual lo mezcaleros usan 'capón', lo que significa que plantas maduras que han comenzado a crecer un quiote (tallo floral). El quiote se corta para permitir que la planta almacene sus azúcares en su núcleo (piña), en lugar de usarlos para hacer flores y semillas. Una vez cortado el quiote, la planta reposa en el suelo varios meses antes de que se procedan a recolectar las plantas (Los amantes mezcal, 2022).

Para la elaboración de mezcal, se requiere que los agaves hayan logrado su estado de madurez para proceder a su corte, etapa que suele alcanzarse en un periodo de 7 años aproximadamente, y en la cual se ha comprobado que la cantidad de azúcares que se encuentra es elevada y por lo tanto, la indicada para que puedan ser utilizados para la producción de alcohol y la fermentación (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014)

Labrado, corte o jimado: Consiste en cortar las pencas y la raíz del agave para dejar solamente el corazón o piña. Este proceso se hace mediante la utilización de herramientas de corte como machetes y en especial con la coa o tarecua que es un objeto semicircular de metal afilado y con un mango de madera para su sujeción. El trabajo de jimar los agaves implica buscar y encontrar los agaves, arrancarlos de la tierra, proceder a cortarlos y moverlos para posteriormente llevarlos al vehículo para su transporte y descarga en el palenque. Este proceso debe realizarse de forma que la piña quede totalmente blanca, lo que facilitará su manejo y envío hacia el palenque para su cocimiento, además de que brinda la posibilidad de reducir el contenido de metanol en el proceso de destilación, el cual su presencia puede afectar las características organolépticas del mezcal (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014).

Cocimiento: Corresponde a la segunda etapa de elaboración del mezcal y consiste en someter las piñas o cabezas de maguey a un proceso de exposición lenta al calor, dentro de un sistema cerrado para su ablandamiento y cocción, provocando un proceso de hidrólisis de los fructanos del agave (polisacáridos) y que estos se conviertan en glucosa y fructuosa, digeribles por las levaduras que intervienen en la fermentación y que posteriormente se convierten en alcohol. Existen diversos equipos para la cocción, el más antiguo y rústico es el denominado horno de piso (tierra), de forma trunco-cónica y en ocasiones ademado, los hay también de mampostería y autoclaves de acero inoxidable (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014).

Los Maestros Mezcaleros son los encargados de saber cuánto es el tiempo de espera para que la temperatura este en su punto adecuado para colocar las piñas dentro. Se debe esperar a que la leña esté totalmente consumida y que las piedras estén al rojo vivo, de lo contrario al meter las piñas antes de que se llegue a ese punto, las piñas recogerán el olor de madera quemándose y por lo tanto el mezcal también tendrá ese olor y/o sabor. Algo importante a considerar en el proceso de cocimiento es que las piñas que son de tamaño grande se cortan en dos o cuatro partes, para optimizar y facilitar su cocción. Una vez que el horno se encuentra con las condiciones adecuadas, se procede a colocar las piñas de manera ordenada y compacta en forma de pirámide sobre las piedras calientes. Una vez colocadas todas las piñas sobre el fuego, se procede a tapar el horno mediante el uso de bagazo proveniente de producciones anteriores y puede mezclarse con mantas de plástico, costales, tierra y troncos para sellar completamente el horno y evitar que se pierda el calor, y se procede a dejar un mínimo de 72 horas para su cocimiento. (Los amantes mezcal; 2014, 2022).

Al término del cocimiento, las piñas adquieren diferentes tonalidades que van de ser de color blanco a café-dorado o marrón oscuro, siendo el más característico el color caramelo, similar al del piloncillo, lo que indica que los polisacáridos se han convertido en azúcares fermentables, adquiriendo una consistencia blanda y suave, lista para triturar o moler (Centro

de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014).

Molienda: Una vez cocidas las piñas, con ayuda de un machete o hacha se cortan en trozos más pequeños para pasar a la molienda, el cual es un proceso que se realiza para extraer el jugo o miel de agave o simplemente desfibrar las piñas para acelerar la extracción de los azúcares. Este proceso tiene tres variantes principales que pueden ser manual, artesanal e industrial, dependiendo del tipo de equipo utilizado, por ejemplo: equipo manual artesanal (marros y hachas), tahona (equipo artesanal), molino desfibrador y extractores industriales modernos (principalmente molino de tres masas), siendo el de Tahona el más usado (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014).

La tahona es un equipo artesanal que permite extraer los azúcares del agave cocido en forma de jugo o simplemente desgarrar las piñas de agave ya una vez que fueron cocidas. Consta de una pileta de cantera, en la cual se hace circular una piedra de cantera movida por animales o tractores, para que el agave sea comprimido y despedazado. En ocasiones se adiciona agua y por medio de canaletes se dirige el jugo obtenido a una tina de recolección para ser transferido a las tinas de fermentación con eliminación del bagazo (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014).

Fermentación: En esta etapa se realiza el cambio mediante reacciones bioquímicas de los azúcares reductores provenientes del agave que se convierten en alcohol (principalmente etanol) y compuestos volátiles. Es decir, la fermentación ocurre en grandes tinas, donde el tipo de material con que están hechos juega un papel importante en el sabor del mezcal, dichos recipientes pueden ser de cuero de res, cemento, tabique, piedra de cantera, recipientes construidos con troncos, de plástico, acero inoxidable, ollas de barro rojo y el más común que es el de forma de cubeta o cilíndrico fabricado con tiras o cintas de madera. Estos recipientes se llenan con el agave triturado hasta alcanzar aproximadamente al 75% de su capacidad total, para después agregar agua para que lleguen al 90% de su capacidad, esto con la finalidad de acelerar la fermentación alcohólica (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014; Los amantes mezcal, 2022).

Existen dos formas de fermentación del agave: natural y acelerada. En la primera no se adiciona ningún químico para acelerar el proceso de fermentación, el cual puede durar de 8 a 20 días dependiendo de la temperatura medioambiental, el tipo de tina y agave, a comparación de la fermentación acelerada, en la cual se agregan químicos como el sulfato de amonio y una cáscara de un árbol llamado timbre para que el periodo sea en menor tiempo (Los amantes mezcal, 2022).

Así mismo, de acuerdo con el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., (2014) la fermentación puede dividirse en dos subetapas: la preparación del mosto a fermentar, que incluye en caso de aplicar, la preparación de la levadura, y segunda subetapa es la propia fermentación. En la primera etapa, la preparación para la producción de mezcal se realiza utilizando únicamente los azúcares del agave obtenidos en la molienda y en el cocimiento, usando la concentración de azúcares inicial, además de que se trabaja con las condiciones ambientales como la temperatura y los nutrientes requeridos por las levaduras (fosfato de amonio y cloruro de magnesio, principalmente). Para la segunda etapa, la fermentación, puede realizarse de manera espontánea o con una levadura preparada previamente. En este último caso después de preparar el mosto, se le agrega la levadura propagada previamente (fermentación inducida), o se dejan los mostos a cielo abierto para que se inocule naturalmente (fermentación espontánea)

El etanol no es el único producto de la fermentación, también se forma una serie de sustancias que contribuyen al sabor y olor del mezcal denominados "compuestos aromáticos volátiles", que se producen en diferentes momentos de la fermentación por lo que el tiempo puede afectar tanto la cantidad como la variedad de estos compuestos. Las levaduras que producen la fermentación son microorganismos unicelulares que no pueden verse a simple vista, únicamente por microscopio, debido a que su tamaño es más pequeño de lo que el ojo humano puede observar. Las principales levaduras utilizadas para la fermentación son las siguientes:

- Saccharomyces cerevisiae: la cual es un tipo de levadura presente en todas las fermentaciones alcohólicas y principal productora de etanol. En la Figura 7.4 se presenta el destino del azúcar consumido, en el cual se transforma en otra levaduras (multiplicación de las levaduras), en etanol y en menor proporción en aromas.

Fig.7.4 Transformación del azúcar por Saccharomyces cerevisiae
Fuente: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., (2014).

- Levaduras no-Saccharomyces: presentes al inicio de muchas fermentaciones alcohólicas, también producen etanol (en menor cantidad), son las responsables de la producción de compuestos volátiles que le confieren aromas muy particulares al producto final (Figura 7.5).

Fig. 7.5 Transformación del azúcar por no Saccharomyces
Fuente: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., (2014).

Destilación: Separa el alcohol del agua aprovechando los diferentes puntos de ebullición, ya que el etanol tiene un punto de ebullición más bajo que el agua, solo 78.5°C, con lo cual se logra la separación de las sustancias volátiles líquidas (tales como alcoholes, cetonas, ésteres) de las no volátiles sólidas (grasas, sales minerales, fibras) del tepache proveniente de la etapa de fermentación. Esta etapa de destilación se realiza en un equipo llamado alambique el cual se calienta a la temperatura de ebullición, haciendo que el etanol se evapore, dejando atrás el agua y otras impurezas (Los amantes mezcal, 2022).

De acuerdo con el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., (2014), la destilación tradicional comprende dos etapas, la primera, también llamada destrozamiento, tiene por objetivo separar el etanol y otros compuestos químicos volátiles de los otros componentes del mosto fermentado como agua, levaduras, residuos celulares, azúcares residuales, fibra o bagazo y sales minerales. Por lo regular, en esta primera etapa no se realizan cortes de cabezas o colas debido a que lo que interesa es recuperar la fracción alcohólica y desechar las vinazas y bagazo de agave (Figura 7.6).

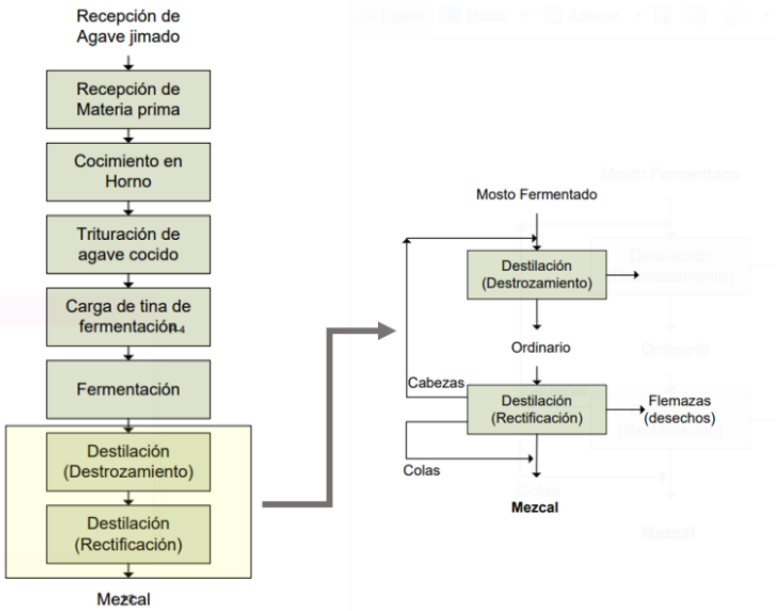


Fig. 7.6 Proceso de obtención de mezcal con destilación tradicional
Fuente: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., (2014).

A nivel industrial, el proceso de destilación inicia cuando se realiza de forma manual la carga de la olla del alambique empleando cubetas para el caldo del mosto y con carretilla el bagazo de agave. Posteriormente, se inicia el calentamiento de la olla llena de mosto fermentado (500 litros), la cual está enterrada dentro de una estructura de cemento, bajo la cual hay un quemador de gas que genera el calor necesario, encima de la olla se encuentra la 'montera' en forma de campana, que capta los vapores del alcohol. Luego, un tubo lleva estos vapores a la sección de enfriamiento, donde hay un serpentín sumergido en agua fría. Dentro del serpentín los vapores se condensan y se desprende el destilado. A medida que emerge este primer destilado se reparte en 4 o 6 garrafas de graduación alcohólica decreciente, el cual oscila entre 48 y 15 % alcohol volumen, teniendo la primera el grado alcohólico más alto. Las puntas salen en la primera parte de la destilación y tienen el grado de alcohol más alto, mientras que las siguientes garrafas conocidas como colas, son más bajas (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014; Los amantes mezcal, 2022).

La segunda destilación o rectificación, conocida también como "refinada", tiene como objetivo alcanzar un grado alcohólico superior al 40% alcohol en volumen en el destilado y se inicia vaciando a la olla o hervidor (300 litros) las garrafas obtenidas en la primera destilación para enseguida tapar la olla y sellarla e iniciar el calentamiento, siguiendo un proceso parecido a la primera parte, solo que en vez de usar mosto fermentado son los productos destilados de la primera etapa. Al inicio de la segunda parte de la destilación se tiene un grado alcohólico que va de 70 a 55° de alcohol (un grado alcohólico o mejor conocido como grado Gay-Lussac equivale al 1.0% alcohol-volumen) y el destilado se recibe en garrafas de plástico de 20 L, hasta que se aprecia que se empieza a obtener un grado alcohólico bajo, medido con el dispositivo rústico llamado "venencia" es que se deja de recibir. Para finalizar la destilación, el mezcal contenido en las garrafas de mayor grado alcohólico se mezcla con el destilado de las de menor grado alcohólico, es decir, el mezcal se diluye con colas para alcanzar el nivel óptimo del mezcal (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., 2014; Los amantes mezcal, 2014; Los amantes mezcal, 2022).

7.2 Bioetanol de segunda generación

De acuerdo con la Secretaría de Energía [SENER] (2017) el bioetanol es un biocombustible que se produce a partir de la fermentación de materia orgánica rica en azúcar, y de la transformación en azúcar del almidón presente en los cereales. Se utiliza principalmente en la producción de bebidas alcohólicas y en motores de explosión como aditivo o sustituto de la gasolina, donde su producción se basa en el proceso conocido como fermentación alcohólica, en la cual, dependiendo de la materia prima a utilizar, se parte de almidón o celulosa y una vez hidrolizados se obtiene glucosa, la cual se somete a fermentación par obtener etanol.

En las primeras etapas de la fermentación, la reacción que ocurre es que cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de ácido pirúvico, y a partir de este, mediante rutas metabólicas se conduce a la formación de otros productos finales, por ejemplo, en la fermentación alcohólica, que llevan a cabo las levaduras, el resultante es el etanol y en menor proporción otro alcohol, como el butanodiol. Es importante considerar que las rutas fermentativas alternativas son activadas por diferentes bacterias que pueden ser aeróbicas o anaeróbicas, las cuales compiten con las levaduras, por lo que, se da una relación proporcional: en cuanto mayor sea la cantidad de bacterias presentes en el cultivo, menor será la cantidad de etanol obtenida como producto final de la fermentación (SENER, 2017). Del etanol actualmente consumido y el cual es producido partir de la fermentación de los azúcares presentes en biomasa, se genera un etanol hidratado, por lo que es necesario una deshidratación posterior a la fermentación para poder utilizarlo como combustible (Abascal, 2017).

- **Materias primas utilizadas en la producción de bioetanol**

Los biocombustibles son recursos energéticos procesados a partir de diferente tipo de materias primas, cuando se utiliza la biomasa para obtener bioetanol, este se genera a través del proceso biológico anaeróbico de fermentación de azúcares generados por la hidrólisis de la hemicelulosa y celulosa contenida en la biomasa celulósica (SENER, 2017). De acuerdo con Santos et al., (2020) entre los tipos de biomasa lignocelulósica con potencial para la producción de bioetanol, destacan los residuos de las industrias de la celulosa y el papel, producidos a nivel mundial en grandes cantidades y con un alto poder contaminante, por lo que el poder reciclarlo y/o reutilizarlo es una alternativa sustentable para este tipo de industria.

Aunado a lo anterior, se destaca que el proceso de producción de etanol tiene algunas diferencias dependiendo de qué tipo de materia prima se utilice, es decir si proviene de caña de azúcar o de cereales. La principal diferencia es que, en el proceso de obtención de etanol a partir de caña de azúcar, no se requiere la etapa de hidrólisis, ya que los azúcares para la fermentación se producen por extracción, y cuando proviene de almidón si es necesaria la hidrólisis, para su posterior fermentación, tal como se muestra en la Figura 7.7.

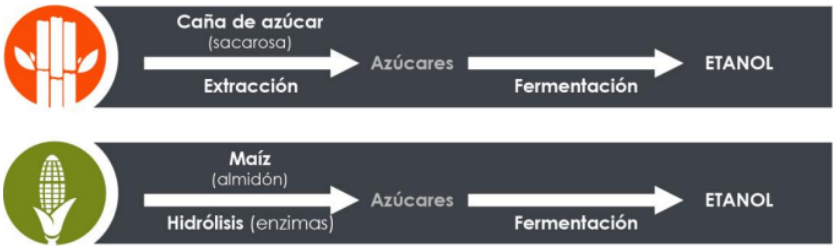


Fig. 7.7 Etapas generales del proceso de producción de bioetanol de acuerdo con la materia prima
Fuente: SENER (2017)

- **Generación de biocombustibles por tipo de insumos**

El crecimiento acelerado de la población y la industrialización, así como el creciente consumo de recursos no renovables como el petróleo y sus derivados ha generado un impacto ambiental y presión sobre los recursos naturales renovables (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018). Para quitar la relación que se da entre el crecimiento económico y el uso de combustibles fósiles, así como la contaminación generada por la combustión de estos, es que se ha incrementado el interés en el aprovechamiento de los recursos renovables para la obtención de energía. Un recurso renovable es definido como aquella biomasa generada por los organismos fotosintéticos (autótrofos), que almacenan la energía en forma de azúcares que se pueden transformar a etanol para uso como biocombustible por medio de la fermentación (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018). Es por lo anterior, que para disminuir la competencia por las tierras de cultivo que pueda existir entre los recursos renovables y la agricultura para alimentos, se buscan fuentes no convencionales y de bajo costo, además de materias primas no usadas para alimentación y que contengan alto contenido de almidón o azúcares fermentables, de ahí es que surgen los diferentes tipos de generaciones de bioetanol de acuerdo con su insumo utilizado (Figura 7.8).

Fig. 7.8 Generación de bioetanol de acuerdo con insumo utilizado
Fuente: SENER (2017)

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una:

Bioetanol primera generación: Es aquel donde se recurre a la fermentación y proviene de materias que se derivan de partes alimenticias y de las plantas con alto contenido en almidón, azúcares y aceites como lo son la caña de azúcar, los granos de maíz y el sorgo. Es importante considerar que el uso de materias primas con gran cantidad de azúcares, solo requiere las etapas de *molienda, fermentación, destilación, y la desnaturalización* (para que no sea apto para consumo humano); además, para su utilización en mezclas con gasolina se debe deshidratar, lo cual es necesario para desplazar su punto azeotrópico (mezcla líquida de dos o más componentes que posee un único punto de ebullición constante y fijo, y que al pasar

al estado vapor se comporta como un líquido puro, o sea como si fuese un solo componente), (SENER, 2017; Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018).

Los métodos de deshidratación más conocidos son la adsorción con tamices moleculares, la per-vaporación, la destilación al vacío, la destilación extractiva con solventes o con sales o con ambos a la vez o mediante procesos híbridos que combinan dos o más de los procesos anteriores. Así mismo, otra materias primas usadas para obtener bioetanol de primera generación, son las que cuentan con un contenido alto de almidón, como los cereales, tubérculos y rizomas, en donde el proceso involucra las siguientes etapas: *molienda, licuefacción, sacarificación, fermentación, destilación y deshidratación* (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018).

Bioetanol segunda generación: El bioetanol de segunda generación utiliza como materia prima los residuos agrícolas o forestales compuestos por celulosa, también llamados material lignocelulósico, por ejemplo, la paja de trigo, el aserrín, el bagazo de la caña de azúcar, los tallos y las hojas del maíz, y las hojas y ramas secas de los árboles, entre otros, los cuales resultan ventajosos al carecer de valor económico para esta industria, pues son considerados residuos, por lo que darles otro uso representa un área de oportunidad para estas, además de que una ventaja que presentan es que son una de las biomasas más abundantes a nivel mundial, ya que se producen anualmente $20x10^9$ toneladas de estos residuos como parte de la agricultura (Figura 7.9), (SENER, 2017; Valle y González, 2019).

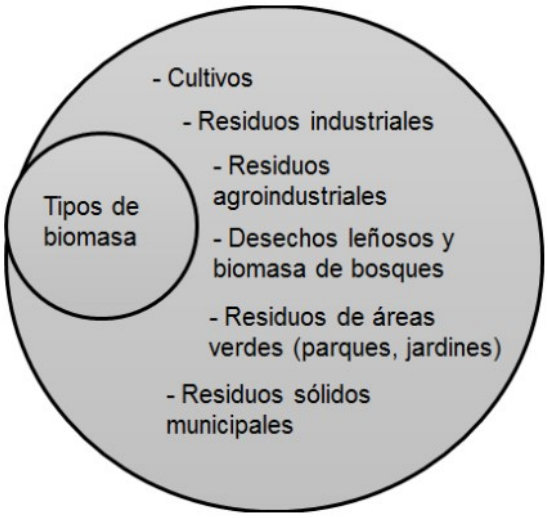


Fig.7.9 Biomasa lignocelulósica
Fuente: Valle y González (2019)

El proceso de producción de biocombustibles de segunda generación puede seguir dos vías, siendo la primera mediante plataformas bioquímicas para obtener bioetanol por procesos fermentativos o la segunda por plataformas termoquímicas como lo son los procesos GTL y BTL, cuyas siglas en inglés provienen de Gas-To-Liquids y Biomass-To-Liquids. Estos

procesos consisten en la gasificación del carbón y de la materia lignocelulósica, leña y celulosa de la biomasa, para obtener un combustible líquido (SENER, 2017).

La producción de biocombustibles de segunda generación a partir de biomasa consta de cuatro etapas: *pretratamiento* (se busca romper la matriz de la biomasa para aumentar la disponibilidad de celulosa y hemicelulosa, que es de importancia en etapas posteriores para obtener mayor cantidad de azúcares como glucosa y xilosa), *sacarificación o hidrólisis* (se agregan enzimas a la biomasa, la celulosa y hemicelulosa son despolimerizadas a azúcares sencillos, conocidos como monosacáridos, como lo son la glucosa y xilosa.), *fermentación* (se emplean microorganismos como las levaduras, que consumen la glucosa disponible en la biomasa y producen bioetanol a partir de la fermentación alcohólica) y *destilación* (se separa el biocombustible de contaminantes, es decir, el extracto constituido por la mezcla de bioetanol, agua y otras sustancias provenientes de la fermentación son sometidas a un proceso de separación), (Valle y González, 2019).

Bioetanol de tercera generación: Se refiere a aquellos que se generan a partir de biomasas adaptadas o modificadas para lograr altos rendimientos en procesos mejorados, como, por ejemplo, el uso de aceite de algas para la obtención de biodiesel (SENER, 2017). El bioetanol de tercera generación nace de la búsqueda de materias primas para producir este biocombustible a partir de biomasa con alta densidad energética, en donde se encuentran los pastos perennes, las micro y macroalgas, y las cianobacterias; y los cuales, a partir de la conversión de su biomasa se puede obtener almidones que son hidrolizados y fermentados para producir bioetanol (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018).

Bioetanol de cuarta generación: Se obtiene partir de bacterias genéticamente modificadas, y se emplea dióxido de carbono o alguna otra fuente rica en carbono para la obtención del producto, en este tipo de biocombustibles, la bacteria es la que efectúa todo el proceso de producción, y en la actualidad todavía se encuentran en etapa de desarrollo (SENER, 2017). Algunos ejemplos de materias primas son la caña genéticamente modificada, que contiene un alto porcentaje de lípidos para la producción simultánea de etanol y biodiesel y la fermentación con E. coli genéticamente modificada, la cual produce triglicéridos desde los jugos dulces de la caña para ser transformados luego a biodiesel (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018).

- **Producción de Bioetanol**

En la presente investigación se centrará en la producción de bioetanol de segunda generación, es decir aquel que proviene de compuestos lignocelulósicos, en donde entra el envase multicapa. La producción de bioetanol se lleva a cabo en varias etapas, es necesario, una vez recolectados los desechos vegetales, aplicar un pretratamiento ya sea físico, químico o térmico, para romper la estructura de la matriz lignocelulósica, posteriormente se realiza una hidrólisis ácida, seguida de la fermentación de los azúcares mediante cepas de levaduras que metabolizan la glucosa al etanol. Como etapa final se encuentra la destilación-rectificación-

deshidratación, que es la separación y purificación de etanol a las especificaciones que se necesiten de acuerdo con el uso y normatividad (Castro-Martínez, Beltrán-Arredondo y Ortiz-Ojeda, 2012). A continuación, se explican las principales etapas:

Pretratamiento: Debido a la composición del material lignocelulósico y a la presencia de lignina en el conjunto de estructuras entre los enlaces hemicelulosa-celulosa, se limita la degradación a sus monómeros más simples y aprovechables (glucosa); por ello, es necesario aplicar tratamientos a la materia prima lignocelulósica para facilitar la remoción de la lignina y poder ingresar a sus estructuras más sencillas como la celulosa, la cual es la base para etapas posteriores en la generación de biocombustibles, ya que a partir de esta se obtiene glucosa, este tipo de pretratamiento que se les da puede ser hidrotérmico, orgánico, bioquímico, mecánico y biológico, entre otros (Figura 7.10), (Vázquez, 2015; Valle y González, 2019).

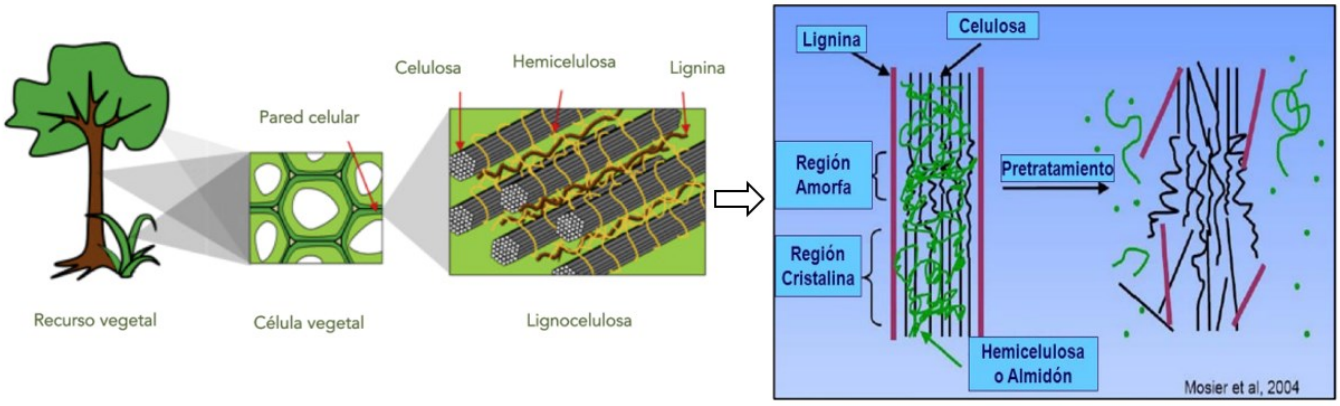


Fig. 7.10 Componentes biomasa lignocelulósica y mecanismo de pretratamiento
Fuente: Vázquez (2015); Valle y González (2019)

Hidrólisis ácida: De acuerdo con Vázquez (2015) la hidrólisis es un proceso químico que divide la molécula de celulosa por la acción de una molécula de agua y/o la acción de un catalizador químico como pueden ser ácidos, álcalis, óxidos, entre otros. Las complejas estructuras de la celulosa son divididas en otras más sencillas, conocidas como monómeros, los cuales sirven para lograr obtener una solución azucarada y eliminar los productos de descomposición de los azucares reductores que pueden inhibir la formación de azucares fermentables. Lo anterior se puede lograr a través de la conversión del material lignocelulósico en diversos monómeros como la xilosa, glucosa, arabinosa, entre otros, por medio de una vía química (ácidos o álcalis), o por vía enzimática (enzimas celulasas).

La hidrólisis ácida a consiste en un proceso químico que, mediante el empleo de catalizadores ácidos, transforma las cadenas de polisacáridos que forman la biomasa (hemicelulosa, celulosa y lignina) en sus monómeros más simples (Figura 7.11). Este tipo de hidrólisis puede

realizarse empleando diferentes clases de ácidos como el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, fosfórico, nítrico y fórmico, el objetivo de este proceso es la adición de diversos ácidos a variadas concentraciones, de acuerdo con la cantidad de biomasa lignocelulósica que se tenga, para lograr el rompimiento de las estructuras y los enlaces, facilitando la cristalinidad de la celulosa para la obtención de los azucares reductores fermentables (Vázquez, 2015).

Es importante considerar, que la hidrolisis ácida durante el proceso de obtención de bioetanol se presenta al fragmentar la estructura de la celulosa y convertirla en azucares, los cuales serán utilizados durante la fermentación alcohólica. Algunos ejemplos son cuando ocurre la hidrólisis ácida en un pH entre 3-4 de la celulosa, la cual se rompe en glucosa y galactosa, y posteriormente continua esta hidrólisis de la galactosa y se fragmenta en fructuosa, dióxido de carbono y agua. Así mismo, si se da la hidrólisis en pH más altos (5-6) la celulosa se fracciona en galactosa y sacarosa (Figura 7.11), (Cuellar, 2021).

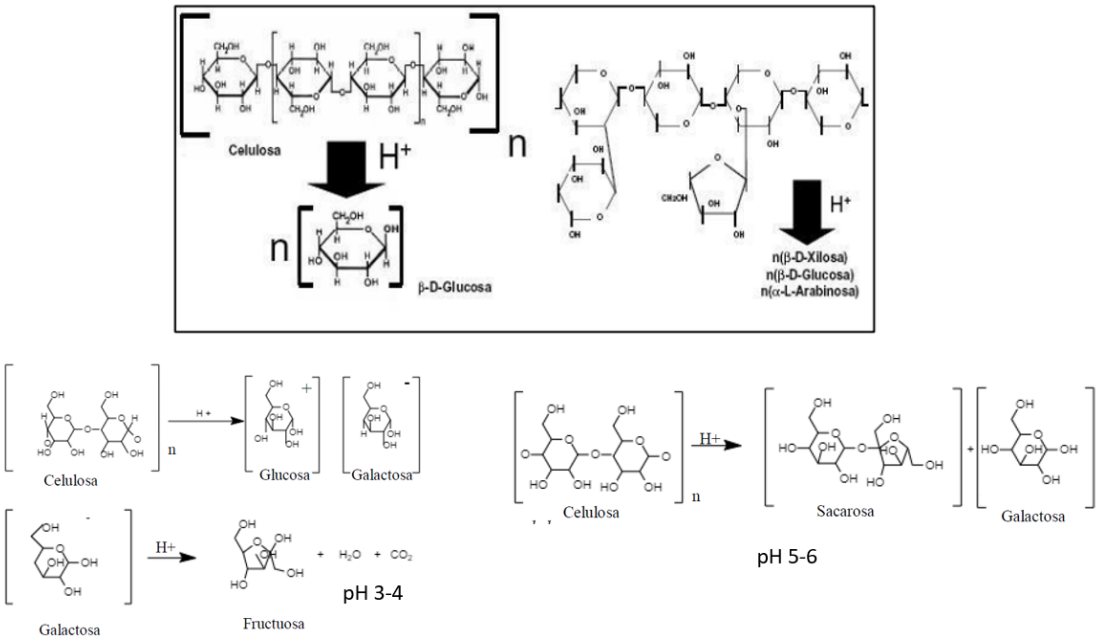


Fig. 7.11 Hidrólisis ácida
Fuente: Vázquez (2015) y Cuellar (2021)

Fermentación alcohólica: En este tipo de proceso se emplean microorganismos como las levaduras, que consumen la glucosa disponible en la biomasa y producen bioetanol (Valle y González, 2019). La fermentación alcohólica es una biorreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono (Ec. 1), en donde los principales actores de esta transformación son las levaduras como la Saccharomyces cerevisiae, la cual es la levadura usada con más frecuencia (Vázquez y Dacosta, 2007). Es decir, de acuerdo con Sánchez et al., (2010) es un proceso biológico de fermentación en plena ausencia de aire, originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono (glucosa, la fructosa, la sacarosa, el almidón, etc.) para obtener como productos finales alcohol en forma

de etanol, dióxido de carbono en forma de gas y unas moléculas de ATP que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Ec. 1 Fermentación alcohólica

En el proceso de obtención de bioetanol a partir de vinaza de mezcal y envase multicapa, posterior a la hidrolisis ácida se lleva a cabo la fermentación alcohólica, la cual se presenta en la Figura 7.12, donde en primer lugar se presenta la fermentación de la glucosa que se convierte en etanol y dióxido de carbono, posteriormente la fermentación alcohólica de la fructuosa y galactosa para la obtención de etanol y por último se presenta la fermentación de la sacarosa (Cuellar, 2021).

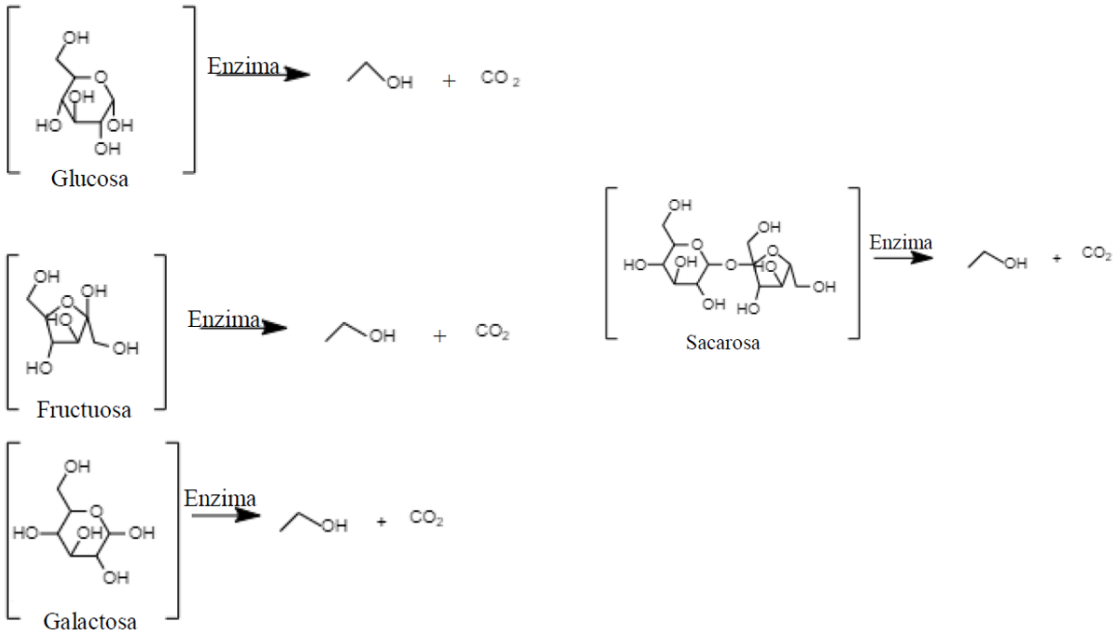


Fig. 7.12 Fermentación de principales azúcares
Fuente: Cuellar (2021)

Destilación: El extracto constituido por la mezcla de bioetanol, agua y otras sustancias provenientes de la fermentación son sometidas a un proceso de separación, el cual se conoce como destilación, esto se logra por medio de columnas que separan sustancias volátiles a altas presiones y temperaturas, lo que permite la obtención de un biocombustible puro y cristalino, que puede ser suministrado a vehículos híbridos o, conforme algunas normas, alimentado en una relación estandarizada de biocombustible-hidrocarburo a otros tipos de

vehículos (Valle y González, 2019). Así mismo, Abascal (2017) menciona que la destilación se realiza con el objeto de eliminar el agua presente en el combustible, ya que se considera que el punto de ebullición del etanol es de 78.3ºC y el del agua es 100ºC, por lo tanto, se lleva a cabo un calentamiento provocando la evaporación del etanol y con ello su separación del agua.

- **Aplicación comercial**

De acuerdo con la SENER (2017) el bioetanol es utilizado en mayor parte como combustible en mezcla con gasolina, aunque otras aplicaciones son las que se mencionan a continuación:

- ✓ Combustible de transporte para sustituir o mezclar con gasolina: El bioetanol puede usarse como oxigenante en gasolinas (6%) o Mezcla de gasolina (85%) o Sustituto de gasolina en vehículos Flex Fuel (Brasil).
- ✓ Producción de bebidas alcohólicas
- ✓ Combustible para generación de electricidad mediante combustión térmica.
- ✓ Combustible para celdas por medio de reacción termoquímica.
- ✓ Sistemas de cogeneración.
- ✓ Materia prima en la industria química (cosméticos, salud, farmacéutica, etc).

A partir de lo anterior, en primer lugar, se tiene que el etanol anhidro, el cual se considera al etanol que ya fue deshidratado, es decir que contiene bajo porcentaje de agua y que es utilizado comúnmente como aditivo de la gasolina, tiene que cumplir la norma NOM-016-CRE-2016, que incluye las especificaciones de calidad que deben cumplir los petrolíferos en cada etapa de la cadena de producción y suministro, en el territorio nacional, incluyendo los de importación (composición del bioetanol). Otra aplicación es en las bebidas alcohólicas fermentadas y no fermentadas, estas bebidas tienen que cumplir la NOM-142-SSA1/SCFI-2014, para Bebidas alcohólicas, que incluye las especificaciones sanitarias, el etiquetado sanitario y comercial y finalmente otro de los usos más comunes es el uso en la medicina, ya que el etanol se emplea para curaciones, y tiene que cumplir con la norma NOM-138-SSA1-1995, que establece las especificaciones sanitarias del alcohol desnaturalizado, antiséptico y germicida (utilizado como material de curación), así como para el alcohol etílico de 96ºG.

En la Tabla 7.2, se muestran algunas de las especificaciones de las principales normas aplicadas para el etanol y que son de interés de la presente investigación.

Tabla 7.2 Especificaciones de NOM-142-SSA1/SCFI-2014 y NOM-138-SSA1-1995

NOM-142-SSA1/SCFI-2014- no fermentados		
Propiedad	**Unidad**	**Valor límite**
Aldehídos	ppm	40
Metanol	ppm	300
Furfural	ppm	5
alcoholes superiores	ppm	500
NOM-142-SSA1/SCFI-2014- fermentados		

Metanol	ppm	300
NOM-138-SSA1-1995		
Benzoato de denatonium	mg/L	7
Octaacetato de sacarosa	mg/L	300
Metil-isibutilcetona	ml/L	15
Densidad		0.8611 a 0.8936
Grado alcohólico	ml/L	68.5% a 71.5%

Fuente: Secretaría de Salud (1997) y DOF (2015)

7.3 Economía circular

De acuerdo con Kirchherr, Reike y Hekkert (2017) la economía circular (EC) puede definirse como un sistema económico que se basa en modelos empresariales que sustituyen el concepto de "fin de vida" por la reducción reutilización, reciclaje y recuperación de materiales en los procesos de producción/distribución y consumo, operando en tres niveles como lo son el micro (productos, empresas, consumidores), meso (parques ecoindustriales) y macro (ciudad, región, nación y más allá), con el objetivo de crear calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social, en beneficio de las generaciones actuales y futuras, lo cual se ve traducido en el desarrollo sostenible.

Es decir, este modelo busca disminuir la generación de residuos, a través de un marco de solución para los desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación en general; implica disociar la actividad económica del consumo de recursos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño, apoyándose de una transición a fuentes renovables de energía, creando con este modelo, capital económico, ambiental, institucional y social. Por lo tanto, está basado en tres principios fundamentales: los desechos y la contaminación; hacer circular productos y materiales (a su valor más alto y/o mantenerlos en uso); regenerar sistemas naturales (Ellen MacArthur Foundation, 2022).

Así mismo, Negrete-Cardoso et al., (2022) señalan que la economía circular es un paradigma que promueve patrones de producción y consumo más responsables, esto debido a la rápida expansión del consumo de materiales, a nivel mundial que ha traído como consecuencia la sobreexplotación de recursos naturales. Es así como la EC emerge ante la necesidad de desvincular dicha presión ambiental del crecimiento económico, como un sistema enfocado en la reducción, reutilización, reciclaje, así como la recuperación de materiales en los procesos tanto de producción, distribución y de consumo, es decir, busca disminuir los insumos de materiales y minimizar la generación de residuos.

Lo anterior, coincide con lo mencionado por Morseletto (2020), el cual define a la economía circular como un modelo económico destinado al uso eficiente de los recursos a través de la minimización de desechos, la retención de valor a largo plazo, la reducción de recursos primarios y ciclos cerrados de productos, partes de productos y materiales dentro de los límites de protección del medio ambiente y beneficios socioeconómicos, es decir, la EC tiene el potencial de conducir al desarrollo sostenible, al tiempo que desvincula el crecimiento

económico de las consecuencias negativas del agotamiento de los recursos y la degradación ambiental.

7.3.1 Objetivos de la economía circular

La definición de la EC como concepto establece los límites de su alcance, sin embargo, es preciso definir los objetivos para lograr la transición del actual modelo económico lineal al circular deseado. Morseletto (2020) menciona que existen muchos objetivos establecidos por las organizaciones para lograr una EC, los cuales se pueden agrupar en cinco áreas principales de aplicación: eficiencia, reciclaje, recuperación, reducción y diseño, y a su vez, se pueden examinar de diferentes maneras, incluidas las siguientes: sectores económicos, modelos comerciales, flujos de materiales (insumo-producto entre sectores), categorías de materiales, tipología de objetivos y resultados deseados (retención de valor, eliminación de desechos), áreas del ciclo de vida (diseño ecológico, insumos de materiales), métricas o indicadores de la EC (contabilidad del flujo de materiales, duración de los recursos) y estrategias de economía circular como lo son las 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar, las cuales estas últimas son de las más importantes, debido a que las estrategias son conjuntos de acciones destinadas a implementar soluciones en los sistemas económicos.

Es por lo anterior, que Morseletto (2020) menciona sistemáticamente los objetivos (nuevos y existentes) que facilitan la transición hacia la EC, encontrando los de *reúso, reparación, renovación*. Adicionalmente, propone un conjunto de nuevos objetivos como *remanufactura, reparar, restaurar, recuperar, reducir, desechar o rechazar y replantear* como poderosos elementos de gobernanza mismos que incrementan la circularidad en los sistemas económicos, y que por lo tanto aceleran la transición hacia el nuevo modelo económico.

A continuación, en las Figuras 7.13 y 7.14 se presentan los principales objetivos de la economía circular, así como la explicación de cada uno, desde el punto de vista de estrategia, mencionados por Morseletto (2020).

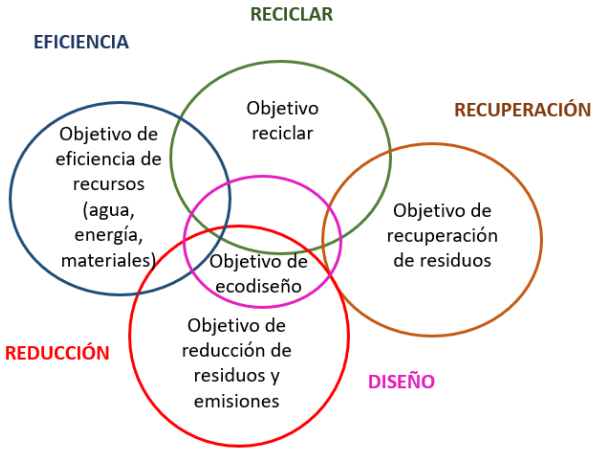


Fig. 7.13 Objetivos de la Economía Circular
Fuente: Adaptación de Morseletto (2020)

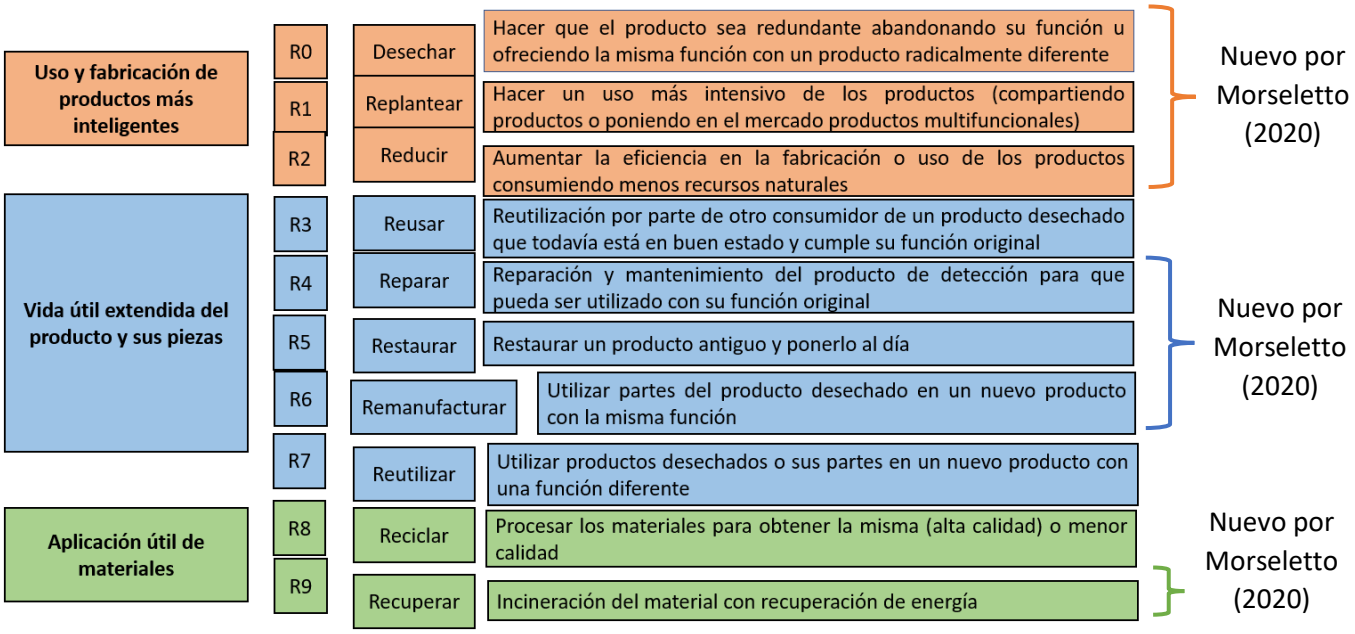


Figura 7.14 Objetivos-Estrategias de Economía Circular
Fuente: Adaptación de Morseletto (2020)

7.3.2 Reciclaje

De acuerdo con Chacon-Olivares et al., (2016) el reciclaje es un proceso para el tratamiento de los residuos, tanto industriales como domésticos, que permite introducirlos en el ciclo de producción de un producto o de los materiales que lo componen. Es la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos en un nuevo periodo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, y para eliminar o reducir de forma eficaz los residuos y evitar que se acumulen en vertederos o rellenos sanitarios.

El reciclaje, es un proceso que puede ser fisicoquímico o mecánico, el cual consiste en incorporar una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto, o extender la vida útil de estos, es decir, de acuerdo con Morseletto (2020) es el procesamiento de materiales para obtener la misma (alta calidad) o una calidad inferior (baja calidad) de los materiales reciclados, lo que significa que este proceso, extrae materiales (llamados materiales secundarios) de materiales o productos que ya fueron desechados.

Los materiales secundarios pueden estar sujetos a upcycling, (conversión en materiales de mayor calidad e igual o mayor funcionalidad) o en la dirección opuesta, a downcycling (conversión a materiales de calidad inferior). Así mismo el reciclaje puede ser de dos tipos: de ciclo cerrado y ciclo abierto, es decir, cuando el reciclaje ocurre dentro del mismo sistema de producto (cerrado) o diferente (abierto). El reciclaje de circuito cerrado tiene lugar cuando un bien secundario se desvía a un proceso anterior en el mismo sistema donde reemplaza directamente la entrada de la producción primaria del mismo material, en cambio, el reciclaje

de ciclo abierto ocurre donde al menos una parte del bien secundario se usa en diferentes sistemas. Por lo que el reciclaje de circuito cerrado es mejor opción, debido a que, al ser dentro del mismo proceso o lugar, se evitan otros gastos como transporte o recolección por parte de terceros, o algún otro manejo (Morseletto, 2020).

7.4 Estrategias de comercialización

De acuerdo con la secretaria de Economía (2010) la comercialización es el conjunto de acciones y procedimientos para introducir eficazmente los productos en el sistema de distribución, considera planear y organizar las actividades necesarias para posicionar una mercancía o servicio logrando que los consumidores lo conozcan y lo consuman. Es decir, es una estrategia que hace uso de la psicología humana, y la cual representa un conjunto de normas para tener en cuenta al momento de hacer crecer una empresa, e involucra cuatro componentes principales: cuando (momento), donde (ubicación geográfica), a quien (mercados meta) y como (estrategia de comercialización); es una serie de servicios o actividades involucradas en el traslado de un producto desde un punto de producción hasta el punto de consumo (Rizo-Mustelier et al., 2017).

Por otra parte, una estrategia es un plan de acción que se realiza a través de una serie de maniobras, tácticas y acciones relacionadas entre sí, donde muchas de estas acciones o tácticas se deben planificar e integran al plan operativo de la empresa (son las decisiones que se toman sobre cada factor que involucra el producto, precio, envase, marca, canal, etc.). Por lo que, a partir de lo anterior, las estrategias de comercialización, también conocidas como estrategias de mercadeo, consisten en acciones estructuradas y completamente planeadas que se llevan a cabo para alcanzar determinados objetivos relacionados con la mercadotecnia, tales como dar a conocer un nuevo producto, aumentar las ventas o lograr una mayor participación en el mercado (Arechavaleta, 2015; Burin, 2017).

Otra definición de estrategia de comercialización es la mencionada por Alvarado (2013), la cual la refiere como un documento previo a una inversión, inicio de un negocio, lanzamiento de un servicio o producto en el cual se detallan lo que se espera conseguir, cuanto costara, los recursos que se requieren, el tiempo y el análisis de todos los pasos o tácticas a seguir para alcanzar los objetivos, también puede abarcar aspectos técnicos, legales y sociales, y varía según el tipo de negocio o empresa, los productos o servicios que ofrece y los objetivos propuestos.

8. Marco contextual

8.1 Tetra Pak

Tetra Pak es una de las tres empresas constitutivas de Tetra Laval Group, un grupo privado que se fundó en Suecia. Es una compañía líder a nivel mundial en soluciones de envasado y procesamiento de alimentos, que inició operaciones en 1943 con la creación de un envase para

leche que requería de poco material en su composición y que proporcionaba una higiene máxima. Entre 1944 y 1951 la compañía introdujo técnicas completamente nuevas para la composición del envase, enfatizando en el papel de recubrimiento con plástico y para el sellado por debajo del nivel del líquido. Fue en 1946, cuando el doctor Ruben Rausing (fundador de Tetra Pak), concibe el primer modelo de Tetra Pak y en 1951 estableció en Lund, Suecia la empresa Tetra Pak AB, para entregar tan solo un año después la primera máquina para envases de cartón con forma de tetraedro y años posteriores, específicamente en 1959, comienza el desarrollo del envase Tetra Brik, los cuales rápidamente se vuelven sumamente exitosos en el mercado, y son los que conocemos en la actualidad (Hernández et al., 2019; Tetra Pak, 2021).

La visión de Tetra Pak viene seguida por el lema, "PROTECTS WHAT'S GOOD" (PROTEGE LO BUENO), lo cual refleja su visión de hacer que los alimentos sean seguros y estén disponibles en todos lados. Está empresa satisface las necesidades de cientos de millones de personas en más de 160 países en todo el mundo y cuenta con más de 25 000 empleados distribuidos en todas las plantas (Tetra Pak, 2021). Desde sus inicios, el fundador, Ruben Rausing, diseñó los envases de Tetra Pak siguiendo uno de los fundamentos de la sustentabilidad: ahorrar más de lo que cuesta en los aspectos económico, ambiental y social (Riveros, 2018).

Tetra Pak brinda soluciones completas para el procesamiento, envasado y distribución de productos alimenticios, las cuales están diseñadas específicamente para ser lo más económicas posibles con los recursos disponibles, dentro de los principales productos que pueden ser procesados y envasados en este tipo de envases multicapa son los Productos lácteos, bebidas, helado, queso, comida verduras, y alimentos para mascotas (Tetra Pak, 2021).

8.1.1 Valorización del envase

Hoy en día los envases de Tetra Pak se reciclan o valorizan de diferentes maneras. El proceso general comienza con el acopio de los envases para su posterior "repulpeado", que consiste en mezclarlos en cierta solución o agua para separar sus componentes en dos partes: a) celulosa y b) polietileno-aluminio, y a partir de ahí valorizar estos materiales para crear productos nuevos. También otra forma de valorizar este tipo de envases es que se pueden comprimir para formar material aglomerado que puede ser utilizado para construcción (A. Román, comunicación personal, 09 de septiembre de 2021).

Las capas que forman el envase multicapa (fibras de papel, polietileno y aluminio) pueden reciclarse con técnicas relativamente simples y convertirse en nuevos productos, la elección del método de reciclaje depende del mercado, pues sin un mercado fuerte no hay un incentivo para recolectar productos reciclables o fabricar productos a partir de materiales reciclados (C. Cruz, comunicación personal, 28 de septiembre de 2020). Actualmente, aproximadamente el 11% de los envases de Tetra Pak vendidos en todo el mundo son sometidos a proceso de recuperación de energía (Riveros, 2018).

Otros productos que han surgido de la valorización del envase multicapa es la creación de puntos verdes tipo casas hechos a partir de material reciclado que sirven de contenedores o depósitos de recolección de los envases en diferentes ciudades. Así mismo, en algunas ciudades de India como Bengaluru, Goa, Guwahati, Mumbai y Nainital, así como Tailandia, se han reciclado los cartones (celuosa) para convertirlos en escritorios, cuadernos y aulas enteras, mediante el proceso de compactado bajo altas presiones y temperaturas, con la ayuda de aglutinantes químicos. A través de este proceso de reciclaje de los envases de cartón se da una nueva vida al material, se protegen los recursos naturales y se reduce el impacto del cambio climático (Riveros, 2018).

A su vez, en China, un parque ecológico que se encuentra junto a Disneyland en Shanghái, ha presentado una exhibición sobre las opciones creativas del reciclaje de este envase. Donde los productos que han resultado de la valorización han sido bancos y contenedores para residuos, así como una escultura de un caballo fabricada con aproximadamente 4,38 millones de envases Tetra Pak reciclados (Riveros, 2018).

De acuerdo con Tetra Pak (2016), en Tailandia, se esta está trabajando con la organización benéfica local Green Roof Project y la Cruz Roja Tailandesa para convertir cartones reciclados en láminas para valorizarlos en techos para brindar refugio de emergencia a las personas necesitadas. Así mismo, a partir del polialuminio de los envases se han llegado a fabricar diversos productos, como se pueden observar en la Figura 8.1.

Fig. 8.1 Productos resultantes de valorización del Polialuminio
Fuente: A. Román, comunicación personal (2021)

Así mismo, En Hungría, lo que se realiza con los envases de bebidas Tetra Pak, los cuales contienen 75% de cartón, es separar las láminas de celulosa de las de plástico y aluminio, para utilizar la pulpa la producción de papel, específicamente papel corrugado. En Italia, se han encontrado usos importantes para el polietileno y el aluminio recuperados de los envases, por

ejemplo, el caso de los muelles flotantes en Venecia, que son construidos por Lucart Group, una papelera italiana, y Rein que hace plástico con material, esta innovación, facilita el acceso a las góndolas para las personas con alguna discapacidad o dificultad para moverse (Riveros, 2018).

Por otra parte, de acuerdo con A. Román (comunicación personal, 09 de septiembre de 2021), debido a la Pandemia de COVID-19, se realizó en el Hospital de la Cruz Roja en Ecatepec un pabellón de vivienda temporal para los médicos de primera línea del coronavirus, el cuál fue realizado con 480 láminas recicladas de polialuminio y más de 1 millón de envases TetraPak posconsumo reciclados (Figura 8.2). Así mismo, empresas como Velty fabrican papel 100% ecológico para el hogar a partir de la celulosa recuperada del cartón de los envases de Tetra Pak, donde parte de sus productos incluyen papel higiénico, servilletas y servitoallas.

Fig. 8.2 Pabellón de vivienda temporal resultado de valorización de envase Tetra Pak
Fuente: A. Román, comunicación personal (2021)

8.2 Impacto Social de la Investigación

Con el presente proyecto se busca propiciar una mejor calidad de vida para los mezcaleros de la Fundación Produce Puebla, ayudándoles a mejorar sus fuentes de ingreso, dándoles la

oportunidad de valorizar sus residuos, como lo es la vinaza de mezcal, para que de esta forma tengan una producción más sustentable que les permita una ventaja competitiva, con un plus en su proceso que los lleve a poner su producto en el mercado nacional e internacional, y que a su vez esto sirva como motivación a los jóvenes a continuar con esta actividad y mantener los usos y costumbres en el proceso artesanal de esta bebida, que se ha mantenido por varias generaciones.

Así mismo, las empresas productoras de envases multicapa, como Tetra Pak se verán beneficiadas con el modelo de estrategias de comercialización propuesto y las alianzas que se formarán con los demás actores involucrados en el proyecto, ya que se permitirá acopiar más envases para su reciclaje y valorización, lo que les dará un mayor prestigio como empresa sustentable y comprometida con el medio ambiente.

De igual forma, otro sector que se vería beneficiado sería el gobierno, debido a que al reciclar y valorizar las vinazas de mezcal y los envases multicapa, los cuales se producen en cantidades elevadas, se estarían ahorrando costos en el transporte, infraestructura y tratamiento y/o disposición de estos, aunado a que las estrategias propuestas del presente proyecto se podrían poner en práctica en las ciudades y municipios, con lo cual se daría más difusión al acopio y reciclaje de los residuos, así como a la logística a seguir en el proceso y se obtendrían productos de valor comercial, como es el caso del Bioetanol, lo cual traería ingresos económicos importantes.

Por otra parte, el organismo de limpia de los municipios, los recolectores voluntarios, y asociaciones civiles dedicadas al acopio, recolección y reciclaje de los residuos se verían beneficiados, ya que se establecerían vínculos-alianzas entre ellos, además de que el poder escalar el presente proyecto y el implementar las estrategias de comercialización daría más oportunidades laborales, de capacitación, difusión, insumos, etc.

Finalmente, se tendría un impacto positivo en la sociedad en general con el presente proyecto, debido a que se están reciclando y valorizando dos residuos que son altamente contaminantes, disminuyendo así el impacto que estos generan al ambiente y que, a su vez, con la implementación de las estrategias propuestas se tendría conocimiento, difusión y cultura de la importancia del reciclaje, aunado a que el proyecto serviría de facilitador para que toda la cadena que va desde la producción de los materiales (envases multicapa y mezcal) hasta la valorización de los residuos, funcione de la mejor manera para todos los sectores incluidos, y que, con el bioetanol obtenido como subproducto de la valorización y su cumplimiento con la normatividad aplicable para su uso, se puedan producir otros productos, como por ejemplo gel antibacterial y sanitizante, los cuales en estas épocas de pandemia son muy necesarios, con lo cual de forma directa se estaría generando un impacto en los sectores de los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES), tales como 1) agentes tóxicos y procesos contaminantes, 2) sistemas socioecológicos y sustentabilidad y 3) cultura.

9. Metodología

9.1 Análisis bibliométrico de las estrategias de comercialización para el reciclado de residuos (1977-2021)

Para este apartado la metodología que se realizó viene descrita dentro del artículo que lleva por nombre "Estrategias de comercialización para el reciclado de residuos: un análisis bibliométrico hacia la economía circular", ("Marketing strategies for waste recycling: a bibliometric analysis towards the circular economy"), el cual se encuentra en el apartado de anexos con el número 1.

9.2 Simulación molecular de la interacción química de los envases Tetra Pak y vinazas de mezcal

La simulación molecular para conocer la interacción química de los principales componentes de los envases TetraPak (celulosa, aluminio y polietileno) y compuestos mayoritarios de la vinaza de mezcal (Fenol, glicerina, ácido acético, ácido láctico, fósforo, nitrógeno amoniacal, glucosa, fructosa y sacarosa), se realizó con el Programa Avogadro versión 1.2.0.

Se partió de una investigación documental utilizando los principales buscadores como Google Scholar, bases de datos como SCOPUS principalmente y biblioteca de la Universidad Popular Autónoma de Puebla (UPAEP) para conocer la composición (incluida la estructura molecular), características y propiedades de los envases multicapa y vinazas de mezcal. Con la información obtenida se realizó una matriz de hallazgos en Excel donde las principales columnas incluían información como composición, características, usos, impacto ambiental, problemática, tratamiento, y valorización, entre otros.

Para la realización de la simulación molecular, una vez que se tenía la información, principalmente de la composición molecular tanto de los envases multicapa como de los principales compuestos de la vinaza de mezcal, se fue desarrollando cada molécula dentro del programa Avogadro para posteriormente replicarlas entre 100 y 200 veces para simular la estructura polimérica.

Después se procedió a correr el programa utilizando el modelo espacio vectorial (UFFA) en un procesador Xenon sexta generación de capacidad 1 Terabyte de procesamiento, el cual es capaz de solucionar 1000 ecuaciones en un nanosegundo (F.J, Sánchez, comunicación personal, 07 de julio de 2022), y que se encuentra en el laboratorio nacional de super cómputo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) , con la finalidad de conocer la fuerza energética existente entre cada una de las moléculas, para conocer el comportamiento y la interacción del sistema a través del tiempo.

9.3 Pruebas de laboratorio "batch" del proceso de separación de las capas de envases Tetra Pak a través de vinazas de mezcal

Esta investigación es de tipo explicativa y experimental, en la cual, la recolección de los envases multicapa se llevó a cabo en casas particulares y una vez acopiados fueron llevados al laboratorio de Biotecnoambiental de la UPAEP, donde se realizó la experimentación. Es importante mencionar que los envases utilizados para las pruebas de laboratorio fueron todos de la marca Tetra Pak para leche de 1 L de presentación.

Para el desarrollo de la experimentación, se utilizó vinaza de mezcal, proveniente del palenque Álvaro Vélez de la zona La Magdalena Cuaxixtla, junta auxiliar de Tecali de Herrera, Puebla, México, y la cual se obtuvo del sitio de muestreo, de la fosa de confinamiento del agua residual.

Para definir las variables de estudio, se partió de los resultados obtenidos previamente en la patente MX/a/2020/003941, Método para separar materiales de envases multicapa utilizando vinazas, en donde la selección de variables de proceso se realizó a través de la simulación en el programa Aspen Plus V12.0, el cual arrojo las variables más fáciles de controlar y que dan una mejor aproximación al proceso real, siendo las siguientes:

-Velocidad de agitación: 800 rpm

-Tiempo de residencia en el reactor batch: 3 h

-Temperatura de reacción: 70°C (343 K)

-Relación vinaza/empaque multicapa: 1:100 w/v.v

-Potencial de Hidrógeno: ácido (3.5-4.7)

-Tipo de envase: Tetra Pak

Para definir el número de experimentos a efectuar, se realizó un diseño de experimentos con el programa Minitab 18 Statistical Software, en donde el tipo de diseño fue factorial de múltiples niveles, 2^n; donde "n" correspondía al número de variables a estudiar, las cuales en el presente trabajo fueron 7 (las mencionadas anteriormente), y se consideraron 2 niveles alto y bajo, obteniendo un total de 128 experimentos diferentes, de los cuales se eligieron los más representativos para realizar las pruebas para encontrar el rango óptimo de las variables, de modo que se tuvieran experimentos diferentes en cuanto al número de variables con nivel alto y bajo, y una muestra que representara el 10% del universo, es decir 13 experimentos con 3 réplicas cada uno para mayor confiabilidad en los resultados.

Los experimentos realizados a escala laboratorio (1.5 L máximo) para la separación de los materiales de los envases multicapa a través de vinaza de mezcal, comprendieron las siguientes etapas:

El envase multicapa fue lavado y enjuagado con agua corriente y jabón detergente Axion, después fue secado a la intemperie a temperatura y presión ambiente y cortado con tijeras en cuadros de 1 cm^2. Posteriormente, estos se pesaron en una balanza analítica marca A&D Company modelo HR-250AZ, y la vinaza se midió el volumen a utilizar con una probeta de acuerdo con la relación manejada por cada experimento de envase multicapa (Kg): vinaza (L).

Los envases multicapa y la vinaza se mezclaron homogéneamente en un vaso de precipitado de capacidad máxima 2 L, manteniendo un régimen de mezcla completa utilizando barra magnética de 5 cm y parrilla con agitación marca LabTech modelo LMS-1003 a una temperatura de reacción, velocidad de agitación y tiempo de acuerdo con lo estipulado por cada experimento y el nivel de la variable que le correspondiera, fuera alto o bajo. Dentro del lapso en que se mantuvo en contacto la vinaza con el envase multicapa se fue monitoreando el pH con equipo multiparamétrico marca Thermo Scientific al tiempo 0, 1 y 3 horas, si se trataba de un tiempo de nivel alto, o si era nivel bajo, al tiempo 0, 1 y 1.5 horas.

Después de haber estado en contacto la vinaza con el envase, se dejó reposar la mezcla en el vaso de precipitado por aproximadamente 30 minutos, posteriormente se cribó con una malla de acero inoxidable con apertura de 0.3 mm la fracción líquida que contenía a la vinaza con la celulosa disuelta y la fracción sólida que contenía polietileno y aluminio. Por último, se recuperó el sobrenadante enriquecido con celulosa mediante filtración con la misma malla filtrante; y se procedió a separar y secar en un horno StableTemp (Oakton) a 70°C/24 horas, para evaporar el remanente de agua de los distintos materiales sólidos (celulosa, aluminio y polietileno), quedando finalmente cada uno de los materiales que componen el envase multicapa separados listos para ser valorizados en productos de valor agregado.

Una vez que se obtuvieron los resultados del primer diseño de experimentos y debido a que no arrojaron las condiciones óptimas que se estaban buscando del proceso de separación de las capas de los envases mediante la vinaza de mezcal, fue necesario realizar un nuevo diseño de experimentos en el programa de Minitab 18 Statistical Software, en donde el tipo de diseño fue factorial de múltiples niveles, 3^n; donde "n" correspondía al número de variables a estudiar, las cuales en este nuevo diseño fueron 3: volumen de vinaza, masa del envase y tiempo; y en el caso de la Temperatura y velocidad de agitación fueron constantes para todos los experimentos, donde los valores utilizados fueron las que arrojaron los mejores resultados en el primer diseño de experimentos. El nivel de las 3 variables de estudio fue alto, medio y bajo, esto debido al análisis realizado con un diagrama de Pareto; y se obtuvieron un total de 27 experimentos diferentes, de los cuales se eligieron el 100% para realizar con una réplica y el pH de la misma forma que se mencionó anteriormente se estuvo midiendo de acuerdo con el tipo de nivel de cada prueba.

Para la interpretación de resultados se realizó una escala de Likert de 3 niveles para evaluar de forma cualitativa la facilidad y/o dificultad de la separación, y se fue determinando para cada experimento el valor obtenido.

9.4 Evaluación de la calidad del bioetanol generado de la valoración de la celulosa del envase Tetrapak y vinaza de mezcal

Para producir el etanol a partir de vinaza y residuos sólidos urbanos como los envases multicapa, es necesario un proceso que consta de 4 etapas que van desde el enriquecimiento de la vinaza con la celulosa de los envases multicapa hasta la caracterización del etanol obtenido, encontrándose como fases intermedias la fermentación y destilación.

Enriquecimiento: El proceso inició con el enriquecimiento de la vinaza que consistió en agregar en un vaso de precipitado de capacidad máxima 2 L, celulosa del envase multicapa y la vinaza de mezcal en relación 1:100 (g:mL) y calentándola a 60° C con un régimen de mezcla completa utilizando barra magnética de 5 cm y parrilla de agitación marca LabTech modelo LMS-1003 por 30 minutos; transcurrido este tiempo se comenzó con la fermentación. Es importante considerar que para el experimento se consideraron 500 ml de vinaza (Figura 9.1).

Fig. 9.1 Enriquecimiento de vinaza de mezcal con celulosa de envase multicapa
Fuente: Elaboración Propia

Fermentación: Tal como se observa en la Figura 9.2, una vez que se tuvo la vinaza enriquecida se traspasó a botes de vidrio de capacidad 1 L, el cual actuó como fermentador. Dicho bote fue envuelto previamente con aluminio y una vez que contuvo la vinaza enriquecida se selló con tapa de plástico y papel Parafilm para evitar que entrará el aire. Así mismo, en la tapa se insertó una cánula con su respectivo cable, el cual estaba conectado a una solución de óxido de calcio (CaO) al 10% con la finalidad de absorber el dióxido de carbono (CO_2) y no se tenga un reflujo dentro de la fermentación que pudiera afectar. Los botes con la vinaza enriquecida se colocaron dentro de equipo de termo baño marca Therlab

a una temperatura de 30°C por un tiempo de 3 días. Transcurrido ese tiempo se comenzó con la Destilación.

Fig. 9.2 Fermentación de vinaza de mezcal con celulosa de envase multicapa
Fuente: Elaboración Propia

Destilación: El equipo utilizado para la destilación a escala laboratorio estuvo conformado por matraz de fondo redondo, cabeza de destilación (conector), columna de fraccionamiento, refrigerante, alargadera y receptor del destilado, siendo todos de vidrió, así como pinzas de soporte, parilla, soporte, mangueras y bomba de agua. El proceso comenzó con armar todo el equipo de destilación y en el matraz poner 250 ml de vinaza fermentada para proceder a la destilación, hasta obtener un destilado de más de 10 ml para poder realizar su evaluación en espectrofotómetro UV marca óptimo Bela (Figura 9.3).

Para medir la concentración en porcentaje volumen del etanol obtenido en la destilación se realizaron curvas de calibración de diferentes diluciones de etanol con agua destilada (v/v), así como una que incluía únicamente agua destilada, y otra de alcohol al 70%, estas curvas fueron realizadas en el espectrofotómetro UV marca Óptica Bela y medidas en absorbancia en una longitud de onda de 420 nm. En la tabla 9.1 se muestran las diluciones realizadas, así como las lecturas obtenidas en el espectrofotómetro.

Tabla 9.1 Disoluciones para curva de calibración etanol:agua

Etanol (%)	Agua destilada (%)	Lectura de absorbancia
-	100	0.136
5	95	0.101
10	90	0.102
20	80	0.100

30	70	0.118
40	60	0.123
50	50	0.171
80	20	0.172
90	10	0.174
100	-	0.177

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente con el bioetanol obtenido de la destilación se procedió a medir su absorbancia con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm y a graficarlo y sacar su ecuación que obedecía a la gráfica para hacer la comparación respecto a la curva de calibración realizada. Después con ayuda del programa computacional Wolfram Alpha se resolvió la ecuación y se obtuvo el valor del porcentaje de cada destilado.

Fig. 9.3 Destilación de vinaza de mezcal posterior a enriquecimiento y fermentación
Fuente: Elaboración Propia

9.5 Diseño de la estrategia de comercialización del bioetanol resultante de la valorización de envases multicapa y vinaza de mezcal. Caso de estudio Tetrapak

Para definir la estrategia de comercialización del Bioetanol resultante de la valorización de envases multicapa y vinaza de mezcal se partió de la matriz de Ansoff también conocida como matriz producto-mercado o vector de crecimiento, la cual muestra cuatro opciones de crecimiento para las empresas formadas al confrontar los productos/servicios existentes y los

nuevos con los mercados existentes y nuevos (Miranda, 2016). Es decir, se trata de una tabla organizada en cuatro categorías o unidades de negocio que pueden combinarse entre sí, que representan estrategias de crecimiento diferentes para una empresa, en la cual las columnas corresponden a los productos o servicios ofrecidos por la empresa, que se subdividen en "disponibles o actuales" y "nuevos". Las filas, por su parte, reflejan los mercados, aquí la matriz diferencia entre los mercados en los que la empresa ya está activa y aquellos a los que podría expandir su actividad de negocio (Ionos by 1&1, 2019).

Las únicas cuatro posibles estrategias de comercialización en relación con la matriz de Ansoff son: la penetración en el mercado, el desarrollo de mercado, el desarrollo de nuevos productos o servicios, y la diversificación (Figura 9.4).

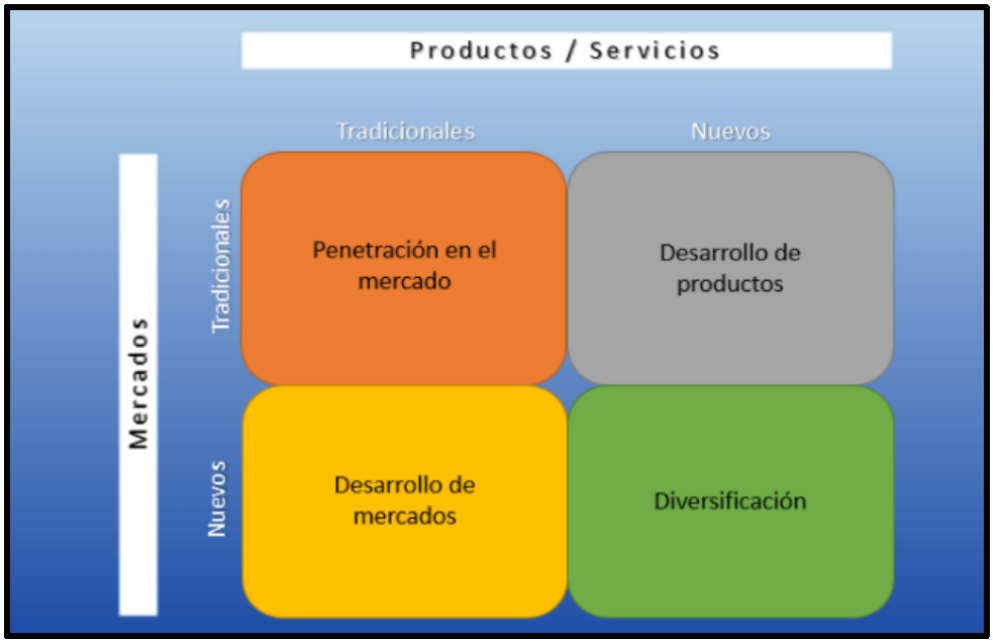


Fig. 9.4 Matriz de Ansoff
Fuente: Ionos by 1&1, (2019).

Para definir el tipo de estrategia a utilizar, se procedió a una investigación documental utilizando los principales buscadores como Google Scholar, bases de datos como SCOPUS principalmente, biblioteca de la Universidad Popular Autónoma de Puebla (UPAEP), navegador web e información obtenida en las clases para conocer las características de cada una, sus tácticas y su aplicabilidad. Una vez que se obtuvo la información, se procedió a elegir la estrategia de comercialización adecuada, considerando el tipo de producto y el mercado al que se visualiza llegar (B2C-Business to Consumer), es decir si va hacia otras empresas o negocios o al consumidor propio.

Una vez definida la estrategia de comercialización (Penetración en el mercado) se procedió a desarrollarla mediante los diferentes elementos estratégicos que la componen: primero se

identificaron los 3 niveles del producto, siendo el core producto (características esenciales del producto o la descripción técnica de este), producto aumentado (ventaja competitiva que ofrece el producto a los consumidores) e insight (vínculo emocional que provoca al cliente). Posteriormente se definió el mercado meta, así como sus características e interés, con la finalidad de crear un perfil del cliente promedio al que irá dirigido el producto, y el cuál será cliente potencial de la adquisición del Bioetanol.

Se procedió a realizar un análisis de la competencia para conocer la oferta existente en cuanto a empresas o instituciones que ofrecen el Bioetanol, sin importar si proviene o no de una valorización, donde los criterios analizados fueron: la robustez del producto (variedad, calidad y las marcas que ofrece), precio (precio promedio de sus productos respecto al promedio del mercado), plaza (donde está ubicado, la estructura física, si es tienda virtual y la funcionalidad de la página), promoción en redes sociales (que imagen maneja, como se publicita) y ventaja competitiva (preferencia de los consumidores). Estos criterios fueron ponderados de acuerdo al análisis realizado, asignando calificaciones del 10 al 6, en orden de mayor a menor para los criterios de robustez, plaza, promoción de redes sociales y ventaja competitiva. Para el caso del criterio precio, la asignación de calificación fue de 10 a 6, en orden de menor a mayor, todo esto con la finalidad de obtener un mapa de posicionamiento que sirva de comparación de la competencia con nosotros.

Posteriormente se realizó un análisis de las tendencias en la industria de interés (valorización de residuos) El análisis comprendió la identificación de las tendencias y sus implicaciones en los tres niveles del producto (core product, producto aumentado, insight en caso de aplicar).

Una vez realizado el análisis perfil de cliente, del producto, de la competencia y de las tendencias actuales de la industria y que se seleccionó la estrategia que más se adapta al objetivo del proyecto se procedió a elegir la táctica a seguir, así como definir lo indicadores para medir el éxito de su implementación. Después se elaboró un cronograma en el cual se describen las actividades a desarrollar de acuerdo con la táctica seleccionada, en conjunto con la duración en días, las fechas de cumplimiento, los responsables de cada actividad y el costo correspondiente de cada una. Así mismo, para finalizar el análisis del proyecto y determinar su viabilidad, se calculó el punto de equilibrio (PE), en donde se muestra el precio promedio de venta, el porcentaje de costo, utilidad unitaria, costo total del proyecto de comercialización y las unidades mínimas de venta para generar una estrategia exitosa, de modo que se pueda llegar al punto donde los ingresos se igualan a los egresos y se calculó a su vez la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual nos indica de forma porcentual que tan eficiente o no es invertir en el proyecto.

10. Resultados y Discusión

10.1 Estudio bibliométrico de las estrategias de comercialización para el reciclado de residuos

Los resultados de este apartado vienen descritos dentro del artículo que lleva por nombre "Estrategias de comercialización para el reciclado de residuos: un análisis bibliométrico hacia la economía circular" el cual se encuentra en el apartado de anexos con el número 1, y que en inglés lleva por nombre "Marketing strategies for waste recycling: a bibliometric analysis towards the circular economy".

10.2 Simulación molecular de la interacción química de los envases multicapa y vinaza de mezcal

A continuación, se muestran las moléculas tanto de la vinaza de mezcal (Fenol, glicerina, ácido acético, ácido láctico, fósforo, nitrógeno amoniacal, glucosa, fructosa y sacarosa), así como del envase multicapa (celulosa, aluminio y polietileno) que se trabajaron en el programa Avogadro para la simulación molecular (Figura 10.1).

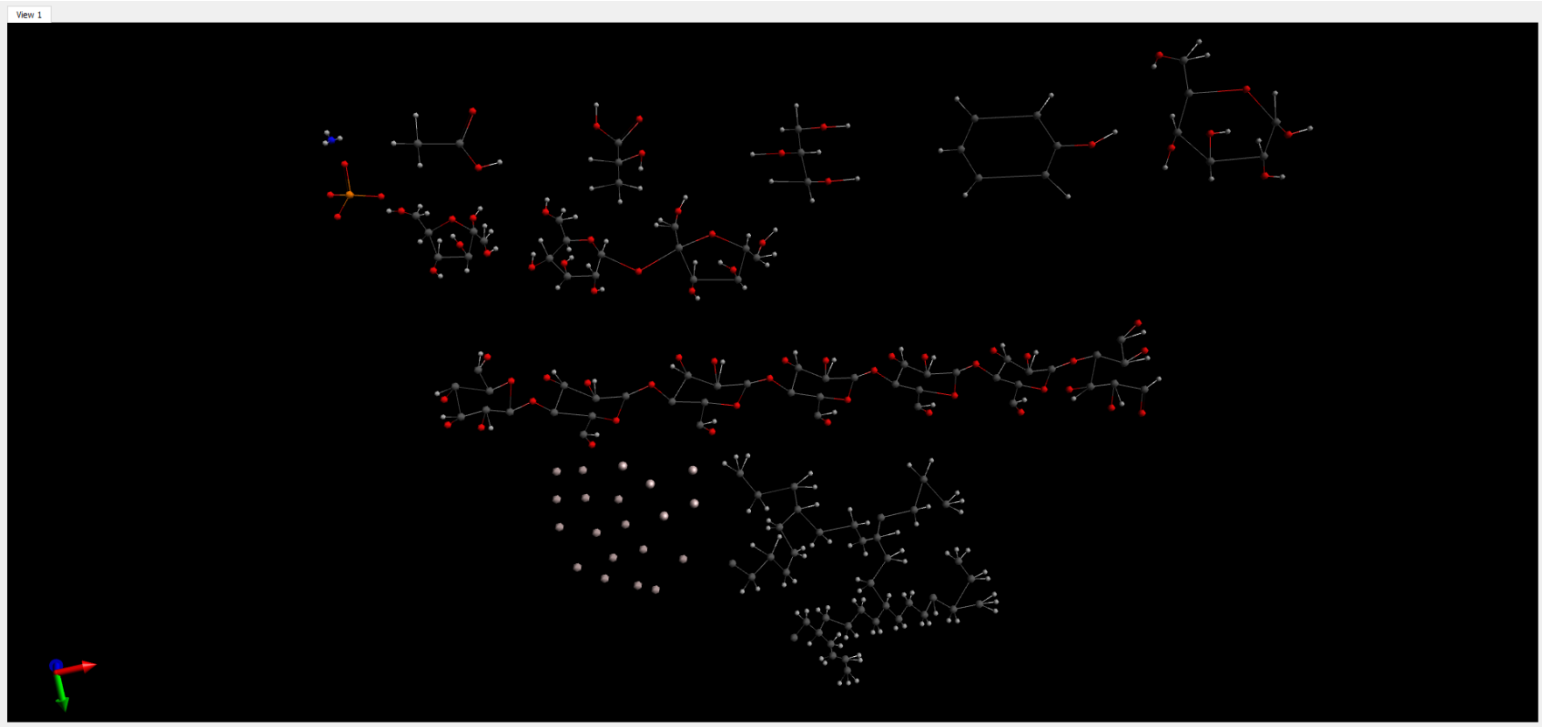
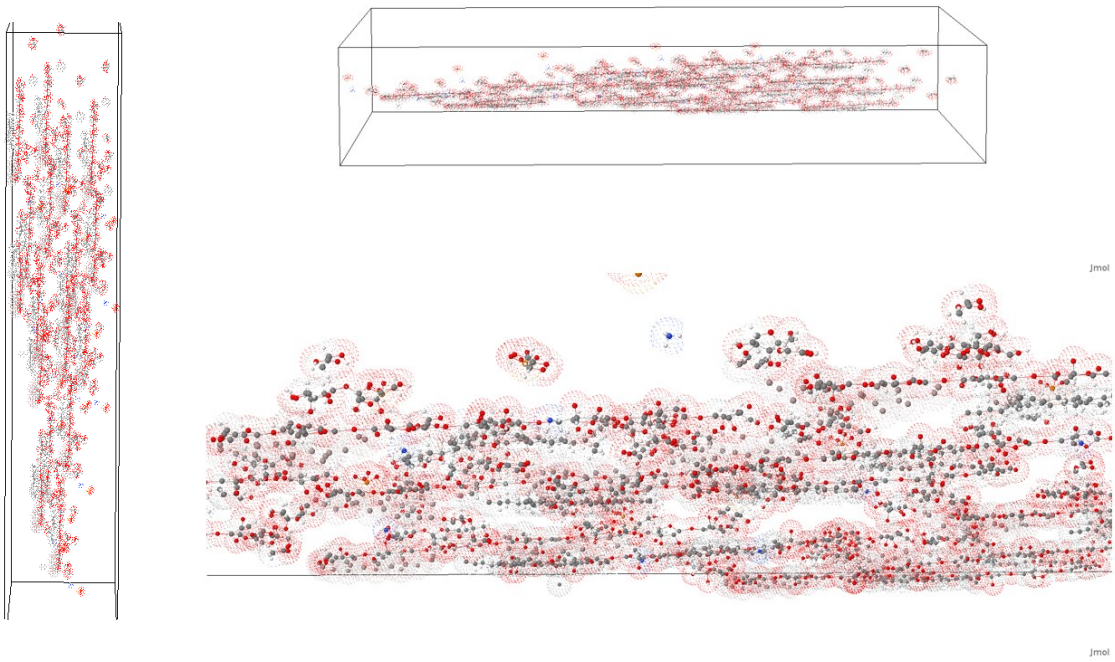


Fig. 10.1 Moléculas de principales componentes de vinaza de mezcal y envases multicapa
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, en la Figura 10.2, se puede observar el primer resultado de la simulación molecular, el cual corresponde a la fuerza energética entre las moléculas, que se forma como tipo nube alrededor de cada una de ellas, y la cual es proporcional, a que entre más grande

sea la capa que los rodea, más energía contiene, y por ende donde se juntan más moléculas, la fuerza energética que se forma entre ellas es superior. Lo anterior se interpreta a que entre más fuerza intermolecular o energética exista entre cada una de las moléculas, más será la adhesión que tendrán entre ellas y por lo tanto más difícil la separación de las partes que involucran el envase multicapa (F.J. Sánchez, comunicación personal, 07 de julio de 2022). Por ejemplo, en la Figura 10.2 se observa de color gris, la unión del polietileno de baja densidad con los demás materiales del envase (celulosa y aluminio) y de color rojo la unión del polietileno de alta densidad con la celulosa y aluminio, por lo cual se denota que en general la fuerza de adhesión que tiene el envase multicapa es grande y por lo tanto se requieren condiciones específicas para su separación, lo cual queda demostrado con los



resultados del apartado 10.3.

Fig. 10.2 Vista horizontal y vertical de fuerza energética de adhesión del envase multicapa en separación por vinaza de mezcal
Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, respecto al segundo resultado de la simulación correspondiente a la energía de enlace en Kilo Joules (KJ), que da respuesta a la capacidad de separación de cada uno de los materiales que forman el envase multicapa al ponerlo en contacto con la vinaza de mezcal, en función del tiempo (que tan rápido se pueden separar) se observa en la Figura 10.3. En ella, podemos notar que el aluminio y el polietileno, vibran o tienen la misma frecuencia o energía de enlace, lo cual se interpreta que físicamente se encuentran más unidos o enlazados y por lo tanto para su separación se requeriría más fuerza y más tiempo, y por ende podría verse directamente relacionado con los resultados del apartado 10.3 respecto a las variables

de más incidencia en el proceso de separación, debido a que el tiempo es el de mayor importancia, tal como se observa en este apartado.

Así mismo, respecto a la celulosa, se observa que su vibración es más homogénea y por lo tanto no tiene tanta fuerza de enlace entre sus moléculas, a comparación del polietileno y aluminio, por lo cual su separación es más fácil. Lo anterior se debe a que en general el aluminio y polietileno tienen cierta porosidad, lo cual al unirse hace que se sellen aún más y queden entrelazados, cosa que con la celulosa por sus características físicas no ocurre (F.J. Sánchez, comunicación personal, 07 de julio de 2022).

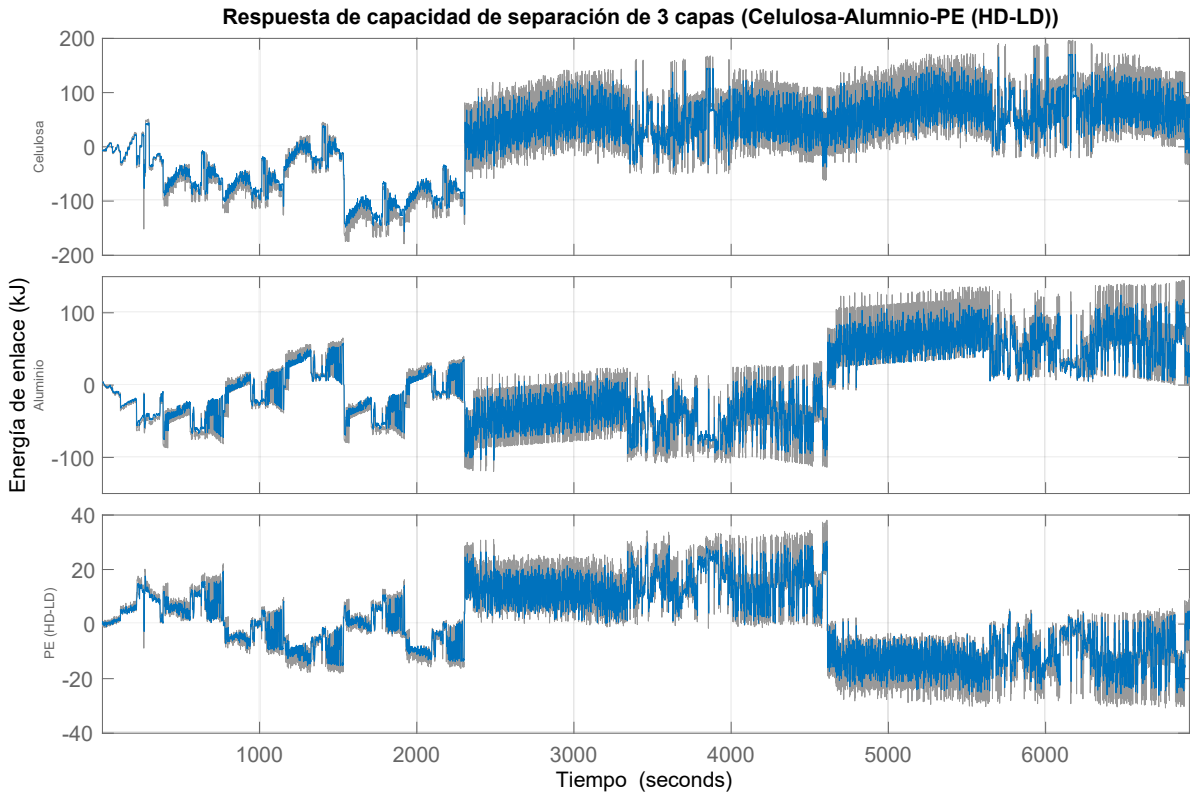


Fig. 10.3 Respuesta de capacidad de separación de las capas del envase multicapa (Energía de enlace)
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el tercer resultado de la simulación, se observa la fuerza de enlace (Figuras 10.4 y 10.5), dada en Kilo Newtons por metro (kN-m), del polietileno y aluminio únicamente vs la de todo el envase multicapa (celulosa, polietileno y aluminio) respectivamente, y en las que se representa que tan enlazadas se encuentran las moléculas de cada material entre sí. Por ejemplo, en la Figura 10.4, se observa que existen menos espacios en blanco que en la Figura 10.5, esto debido a que el polietileno y aluminio forman una mayor fuerza de enlace entre cada uno, lo cual, en la Figura 10.5, del envase completo, en donde se incluye la

celulosa, esta otorga más debilidad (más espacios en blanco) y por lo tanto la fuerza de enlace entre las moléculas es menor (F.J. Sánchez, comunicación personal, 07 de julio de 2022).

A su vez, en la Figura 10.4, se observa que la mayor energía entre el polietileno y aluminio se concentra entre los 50 y -50 kN-m, es decir, intervalo en donde se encuentran más adheridos y por ende su separación se vuelve más difícil, a comparación de la Figura 10.5, donde el intervalo de mayor fuerza de adhesión recae entre los 200 y -150 kN-m, lo cual se traduce en que es un panorama más amplio y por lo tanto, debido a la celulosa es menor el enlace o tensión entre las moléculas, lo cual facilita la separación (F.J. Sánchez, comunicación personal, 07 de julio de 2022).

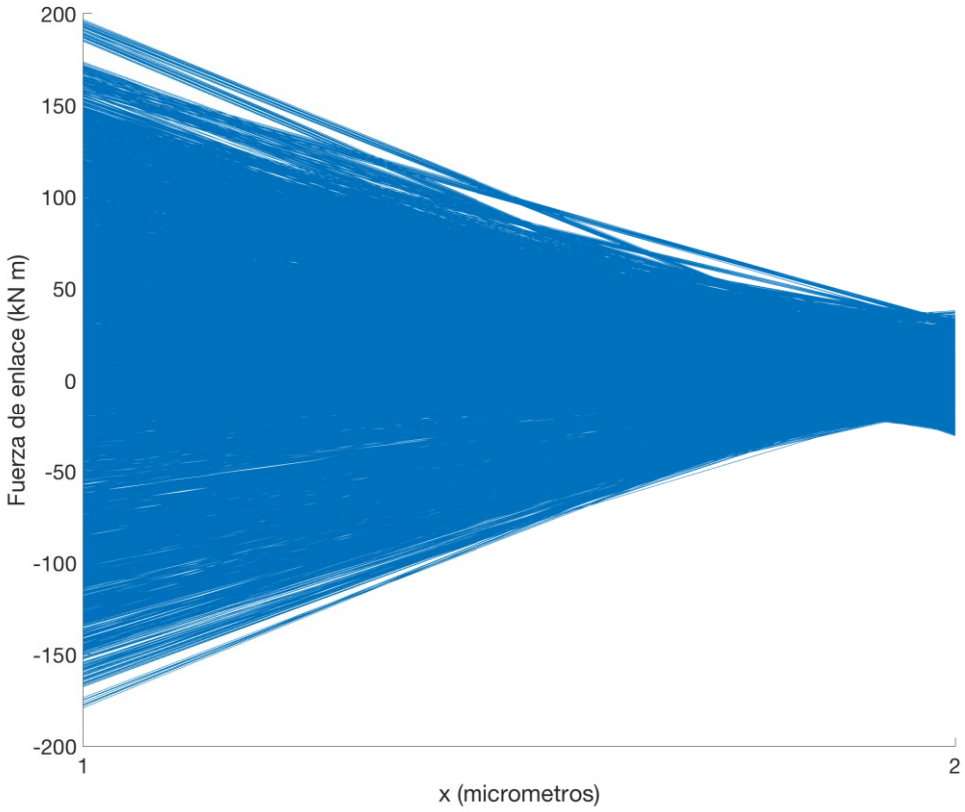


Fig. 10.4 Fuerza de enlace del polietileno y aluminio del envase multicapa
Fuente: Elaboración propia

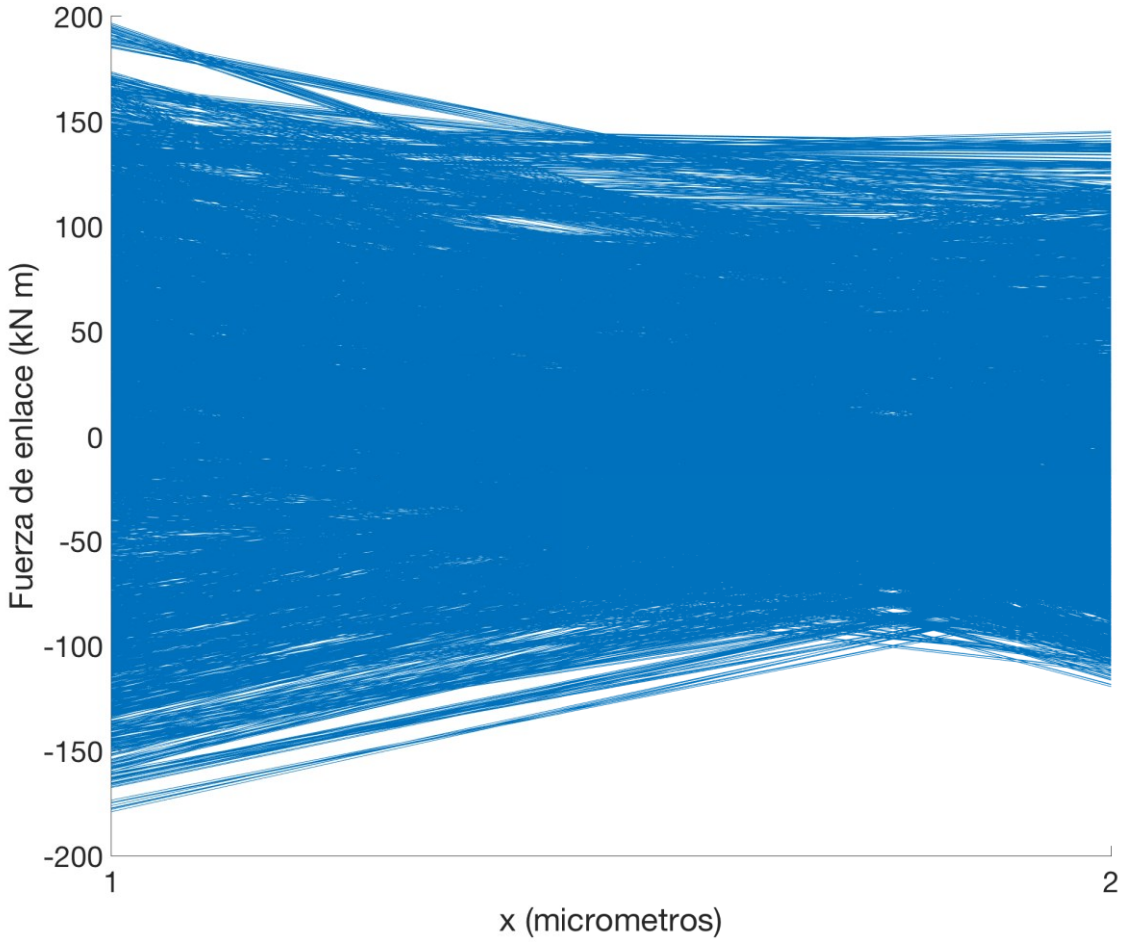


Fig. 10.5 Fuerza de enlace de la celulosa, polietileno y aluminio del envase multicapa
Fuente: Elaboración propia

10.3 Pruebas de tratabilidad del proceso de separación de las capas de los envases multicapa a través de vinaza de mezcal

Los resultados de la separación de los materiales de los envases multicapa a partir de vinaza de mezcal se obtuvieron de forma cualitativa, a partir de la escala de Likert de 3 niveles en cuanto a la facilidad o dificultad de la separación.

Para el caso de la celulosa, en la Figura 10.6, se puede observar que los experimentos 3, 18, 22 y 24 son los que resultaron con mayor facilidad para la separación y recuperación de la celulosa, siendo el experimento 3 el que mayor eficiencia en la separación obtuvo. Así mismo, el experimento 0, correspondiente al blanco (se utilizó agua destilada para la separación) obtuvo buena eficiencia en la separación, lo cual se comprueba con lo mencionado por Juárez (2016), quien propuso una patente con número AU2015349557 para

la separación de los materiales de los envases, utilizando agua destilada para la celulosa y hexano o queroseno para el Polialuminio, obteniendo resultados cualitativos, donde el método para la separación es viable, consiguiendo pulpa de celulosa de forma fácil.

A su vez, también se comprueba lo anterior, respecto al experimento 0 con lo mencionado por Baskoro et al., (2017), en donde utiliza agua destilada para la separación de la celulosa del polialuminio de los envases multicapa y obtiene rendimientos altos en eficiencia de recuperación de la celulosa.

A partir de lo anterior, al realizar la comparación de todos los experimentos, se tiene que el experimento 3 es el que demostró la mejor eficiencia en la separación, debido a que se recuperó de forma más fácil la celulosa y con un porcentaje menor de pérdidas.

Para el experimento 3, las variables para volumen, masa y tiempo fueron de nivel bajo, siendo las variables óptimas las siguientes:

- **Volumen**: 1 litro
- **Masa**: 1 g/100 ml
- **Tiempo:** 1.5 horas
- **Temperatura Inicial**: 23°C
- **Temperatura Final:** 60.4° C
- **pH inicial:** 4
- **pH al alcanzar la temperatura de 60°C:** 4
- **pH final:** 4
- **Velocidad de agitación:** 300 rpm
- **Envase**: Tetra Pak

SEMAFORIZACIÓN EN SEPARACIÓN DE CELULOSA			
Experimento	Difícil	Fácil	Muy fácil
0			x
1		x	
2	x		
3			x
4		x	
5		x	
6	x		
7		x	
8	x		
9		x	
10		x	
11		x	
12	x		
13	x		
14		x	
15		x	
16		x	
17	x		
18			x
19	x		
20		x	
21		x	
22			x
23		x	
24	x		
25			x
26		x	
27	x		
TOTAL	9	14	5

Fig. 10.6 Semaforización de la separación de la celulosa a través de vinaza de mezcal
Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la separación del polietileno del envase Tetra Pak a través de la vinaza de mezcal en general se obtuvieron buenos resultados en cuanto a la facilidad para separarlo de los demás materiales del envase, siendo los experimentos 8 y 21 los de mayor facilidad, y entre estos dos el 21 el de mayor porcentaje de recuperación (Figura 10.7).

Para el experimento 21, las variables para volumen fueron de nivel bajo, masa de nivel alto y tiempo de nivel bajo, es decir, siendo las variables óptimas las siguientes:

- **Volumen**: 1 litro
- **Masa**: 1.5 g/100 ml
- **Tiempo:** 1.5 horas
- **Temperatura Inicial**: 23.2°C
- **Temperatura Final:** 60.4° C
- **pH inicial:** 4
- **pH al alcanzar la temperatura de 60°C:** 4.5
- **pH final:** 4.5
- **Velocidad de agitación:** 300 rpm
- **Envase**: Tetra Pak

Algo importante a considerar es que para el blanco (experimento cero), el cual fue con agua destilada, la separación del polietileno fue difícil, por lo cual evidencia porque otros autores como Mendizábal (2016) y Juárez (2017) utilizan soluciones más fuertes o con características diferentes al agua destilada como el ácido acético y el hexano o queroseno, los cuales en el caso del ácido acético es de pH ácido, lo cual coincide con el pH de las vinazas que es también ácido y por lo tanto se encuentra una explicación del porque si es efectiva la separación con estos, a pesar de que el realizar la separación con la vinaza de mezcal representa mejores características en el ámbito social, económico y ambiental, al ser un residuo que se está valorando y que se les está permitiendo a los mezcaleros una ventaja competitiva, con lo cual pueden generar más ingresos.

SEMAFORIZACIÓN EN SEPARACIÓN DE POLIETILENO			
Experimento	Difícil	Fácil	Muy fácil
0	x		
1		x	
2		x	
3		x	
4	x		
5		x	
6		x	
7	x		
8			x
9	x		
10	x		
11	x		
12		x	
13		x	
14		x	
15		x	
16	x		
17	x		
18		x	
19	x		
20		x	
21			x
22		x	
23	x		
24	x		
25		x	
26	x		
27		x	
TOTAL	12	14	2

Fig. 10.7 Semaforización de la separación del polietileno a través de vinaza de mezcal
Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, en cuanto a la separación del aluminio, fue de los 3 materiales del envase la que costó un poco más, sin embargo, una gran parte de los experimentos realizados quedaron dentro de la categoría de fácil separación, tal como se ve en la Figura 10.8. Los experimentos que demostraron la mejor eficiencia en separar el aluminio del polietileno y celulosa fueron los experimentos 1,2,5,8,9,11,13,16,17,18,18,20,21,23 y 25, y de estos el de mayor porcentaje de recuperación el número 5.

Las variables de volumen, masa y tiempo para el experimento 5 fueron de nivel alto, alto y bajo respectivamente, siendo los valores de estas y las demás variables los siguientes:

- **Volumen**: 1.5 litros
- **Masa**: 1.5 g/100 ml
- **Tiempo:** 1.5 horas
- **Temperatura Inicial**: 22°C
- **Temperatura Final:** 60.1° C
- **pH inicial:** 4
- **pH al alcanzar la temperatura de 60°C:** 4.5
- **pH final:** 4.5
- **Velocidad de agitación:** 300 rpm
- **Envase**: Tetra Pak

SEMAFORIZACIÓN EN SEPARACIÓN DE ALUMINIO			
Experimento	Difícil	Fácil	Muy fácil
0	x		
1		x	
2		x	
3	x		
4	x		
5		x	
6	x		
7	x		
8		x	
9		x	
10	x		
11		x	
12	x		
13		x	
14	x		
15	x		
16		x	
17		x	
18		x	
19		x	
20		x	
21		x	
22	x		
23		x	
24	x		
25		x	
26	x		
27	x		
TOTAL	13	15	0

Fig. 10.8 Semaforización de la separación del aluminio a través de vinaza de mezcal
Fuente: Elaboración Propia

Lo anterior coincide con lo mencionado por Georgipoulou et al., (2021) en el cual obtienen buena eficiencia en separar el aluminio de los demás materiales, utilizando soluciones diferentes al agua destilada, tales como xileno e isopropanol, los cuales al igual que la vinaza de mezcal suelen ser de pH menores al neutro, sin embargo, la ventaja de la vinaza de mezcal frente a estos compuestos radica en que es un residuo que se está valorizando y que en la zona de estudio donde se desarrolla tesis (Puebla) se produce en grandes cantidades.

En la siguiente Figura 10.9, se observa un resumen de los 27 experimentos realizados y su facilidad o dificultad para la separación considerando los 3 materiales (aluminio, polietileno y celulosa), en donde 17 experimentos se encuentran catalogados como de fácil separación, siendo los experimentos 1,2,3,5,8,9,11,13,14,15,16,18,20,21,22,23 y 25, y de estos los números 1,20 y 5 los de mejor eficiencia, al tener en los 3 materiales una fácil separación.

SEMAFORIZACIÓN EN SEPARACIÓN DE CELULOSA, POLIETILENO Y ALUMINIO			
Experimento	Difícil	Fácil	Muy fácil
0	X		
1		X	
2		X	
3		X	
4	X		
5		X	
6	X		
7	X		
8		X	
9		X	
10	X		
11		X	
12	X		
13		X	
14		X	
15		X	
16		X	
17	X		
18		X	
19	X		
20		X	
21		X	
22		X	
23		X	
24	X		
25		X	
26	X		
27	X		
TOTAL	11	17	0

Fig. 10.9 Semaforización de la separación de los materiales del envase multicapa a través de vinaza de mezcal
Fuente: Elaboración Propia

Respecto a las variables de volumen, masa y tiempo del experimento 1, el cual fue el de mayor recuperación de los materiales, los niveles en que se encontraron fueron bajo, alto y medio, siendo los valores los siguientes:

- **Volumen**: 1.5 litros
- **Masa**: 1.5 g/100 ml
- **Tiempo:** 1.5 horas
- **Temperatura Inicial**: 22.5 °C
- **Temperatura Final:** 60.6 ° C
- **pH inicial:** 4
- **pH al alcanzar la temperatura de 60°C:** 4.5

- **pH final:** 4.5
- **Velocidad de agitación:** 300 rpm
- **Envase**: Tetra Pak

Lo anterior nos indica que no solo por utilizar un solvente acuoso se da la separación de los materiales de los envases multicapa, sino que existen otros factores que tienen una relación importante en los resultados obtenidos y en la eficiencia de estos, como por ejemplo, el ir variando los niveles y valores de las variables en los experimentos nos otorga una mejor separación de los materiales del envase a través de la vinaza de mezcal, y como se observa en la Figura 10.10, las variables de masa, volumen y tiempo representan las de mayor incidencia en el proceso, destacando el tiempo como la de mayor importancia o sensibilidad, ya que a mayor tiempo de contacto del envase con la vinaza se consigue una mayor facilidad en la separación de los materiales, seguido por el volumen y la masa en orden de importancia.

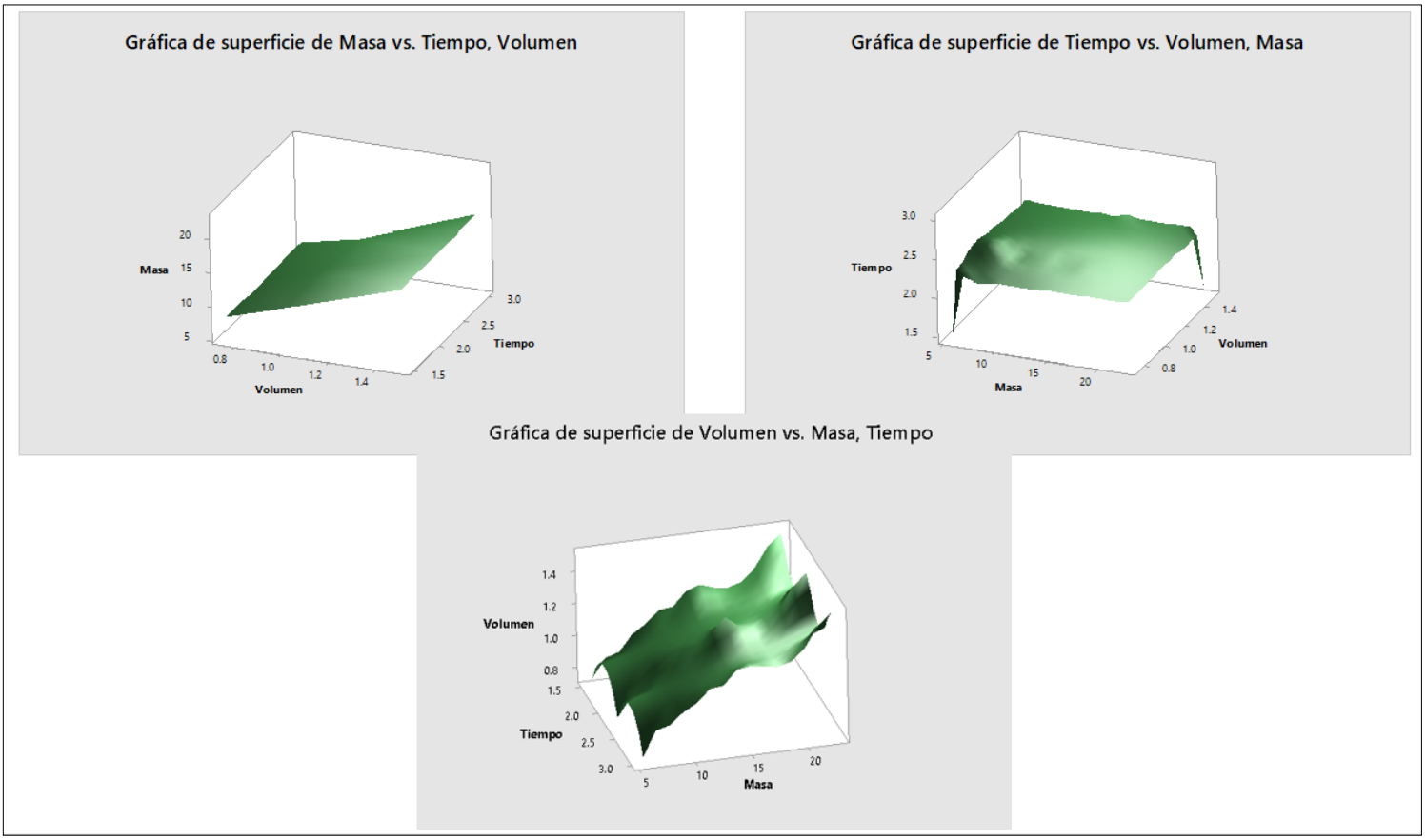


Fig. 10.10 Gráficos de superficie de las variables de mayor incidencia en el proceso de separación de los materiales del envase multicapa a través de vinaza de mezcal
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, lo mencionado anteriormente se comprueba con lo reportado por diversos autores como Mendizabal (2016), Baskoro et al., (2017), Karaboyaci et al., (2017), Georgipoulou et al., (2021) y Gómez (2014) quienes separan los materiales de los envases multicapa utilizando diferentes solventes, pero coincidiendo dentro de sus variables de estudio, la masa, el tiempo y el volumen.

10.4 Caracterización por espectrofotometría del bioetanol

Los resultados de la curva de calibración realizada para las diferentes disoluciones de etanol y agua destilada se muestran en la Tabla 10.1, en donde se puede observar que conforme va aumentando el % de etanol en la disolución, la lectura de absorbancia va incrementando debido a que hay más concentración y por ende más moléculas que pueden interactuar con la luz al momento de leer el parámetro en el espectrómetro.

Tabla 10.1. Lectura de absorbancia de disoluciones de etanol y agua destilada

Etanol (%)	Agua destilada (%)	Lectura de absorbancia 420 nm
-	100	0.136
5	95	0.101
10	90	0.102
20	80	0.100
30	70	0.118
40	60	0.123
50	50	0.171
80	20	0.172
90	10	0.174
100	-	0.177

Fuente: Elaboración Propia

Derivado de las disoluciones presentadas en las Tabla 10.1, se presenta a continuación la curva de calibración obtenida (Figura 10.11), así como la ecuación que se ajusta a la gráfica, donde el valor de "x" representa la concentración de etanol y la "y" la lectura obtenida en absorbancia en una longitud de onda de 420 nm. Por último, el valor de "R^2" es un dato que muestra que tan acertada es la ecuación presentada al comportamiento original y que entre más cercano a 1 sea, esta representara más fielmente al comportamiento, por lo que el valor de 0.9707 que se observa, nos indica que esta ajustada.

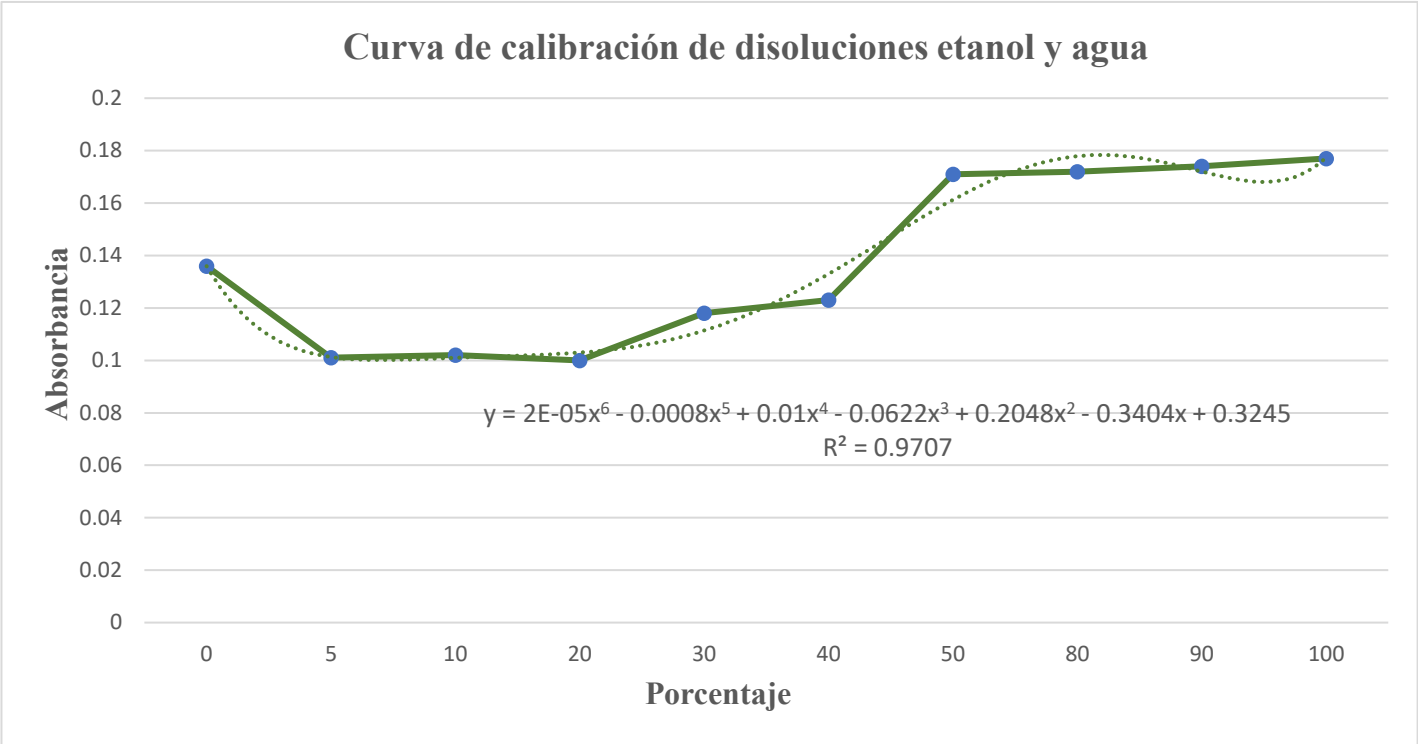


Fig. 10.11 Curva de calibración de disoluciones etanol: agua destilada
Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, en la Tabla 10.2, se muestran los valores de la lectura de absorbancia a 420 nm y el porcentaje de etanol de los 4 destilados realizados, en donde el porcentaje de etanol se obtuvo de la solución en Wolfram Alpha de la ecuación presentada en la Figura 10.11.

Tabla 10.2 Lectura de absorbancia y porcentaje de etanol de destilados realizados

Número de destilado	Lectura de Absorbancia 420 nm	% etanol
1	0.162	74%
2	0.165	71%
3	0.170	68%
4	0.169	68%

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se observa en la Figura 10.12, la curva de los cuatro destilados realizados respecto a su valor de absorbancia, en donde de acuerdo con el valor obtenido por la R^2 de la ecuación representada para la gráfica se encuentra casi en 1, por lo que es posible hacer proyecciones, ya que se ajusta de buena forma al comportamiento del gráfico.

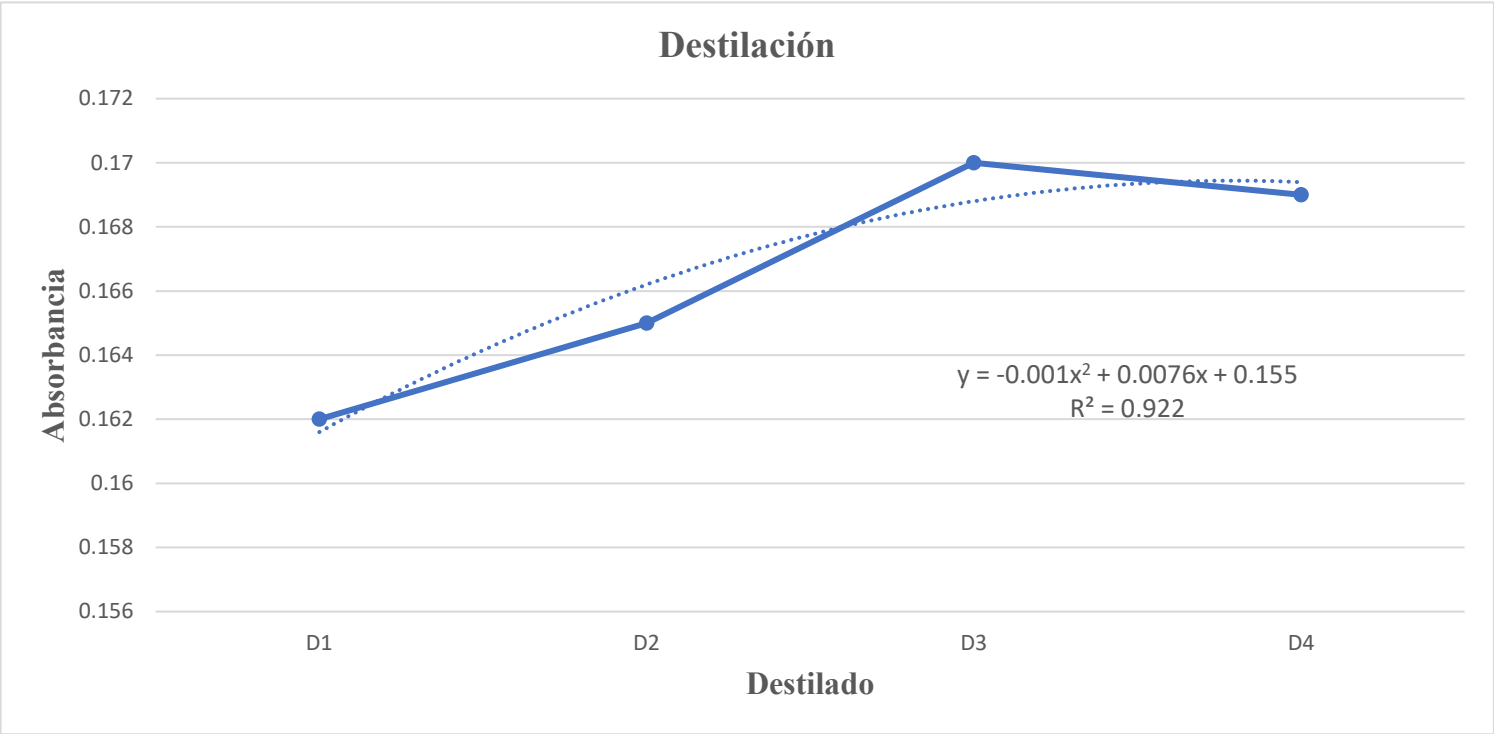


Fig. 10.12 Curva de calibración de los destilados realizados
Fuente: Elaboración Propia

Respecto al porcentaje de bioetanol encontrado, el valor más alto corresponde a 74%, lo cual se considera eficiente, debido a que la destilación fue a escala laboratorio, donde únicamente se utilizó una columna de fraccionamiento o plato de destilación, lo cual indica a la vez que los parámetros utilizados en la fermentación y destilación fueron los correctos, y que en caso de utilizar más columnas o escalar el proceso se obtendrán mejores y más altos rendimientos. A su vez, parte de que el porcentaje obtenido de bioetanol fuera alto se debe a que la fermentación realizada fue ideal y homogénea, debido a que las condiciones como el tiempo, temperatura y cantidad de vinaza-celulosa en las que se mantuvieron fueron constantes (F.J., Sánchez, comunicación personal, 07 de julio de 2022).

10.5 Estrategia de comercialización del bioetanol

La Estrategia de comercialización aplicable para el presente proyecto corresponde a la de Penetración de Mercados, la cual de acuerdo con Cardoza (2018) y L.B., Sánchez (comunicación personal, 21 de junio de 2021) consiste en obtener una mayor cuota de mercado trabajando con los productos actuales en los mercados que se opera actualmente, es decir, el objetivo es aumentar la venta de productos existentes a segmentos de mercado existentes, sin modificación alguna de los productos, y se suele dar en la etapa de madurez o crecimiento de la empresa, y en aquellas que son de nueva creación o que apenas iniciarán incorporándose en el mercado con productos que apenas fueron desarrollados.

Para ello, se deben realizar acciones para aumentar el consumo de los clientes, mediante la atracción de clientes potenciales y de la competencia, lo cual se logra con el incremento de la publicidad, promoción, esfuerzos dirigidos a la prueba del producto, mejora de imagen, entre otros. Esta opción estratégica es la que ofrece mayor seguridad y un menor margen de error, ya que se opera con productos que se conocen, en mercados que también son conocidos o que ya se tienen definidos que se quieren llegar (Cardoza, 2018). Es decir, este trabajo de penetración trae un beneficio principal, que es el aumento de la participación de mercado y el nivel de demanda que la empresa cubre con sus productos. La estrategia de ampliar el alcance permite una base de clientes más grande, lo que generara más ingresos y mejorara la competitividad en ese segmento, debido a que la idea es llegar a más consumidores dentro de esa audiencia u obtener clientes (si se trata del inicio de la empresa) generando competitividad en la búsqueda para conquistar a quienes aún no son clientes de la marca. En consecuencia, esto permitirá a la empresa atraer consumidores de sus competidores (Ferrerira, 2020).

- **Descripción del Producto**

A partir de la estrategia de penetración de mercado, se identificaron los tres niveles del producto, correspondientes al Bioetanol, resultante de la valorización de residuos.

El Core Producto identificado es el Bioetanol de 74%, que es resultado de la valorización de la celulosa del envase Tetra Pak y la vinaza de mezcal. Por consiguiente, el producto aumentado es caracterizado por ser un producto verde, al provenir de la valorización y/o reciclaje de residuos, y el cual resulta de una patente con número de identificación MX/a/2020/004028 (Cuellar, et al., 2020), por lo que su desarrollo es un proceso caracterizado por ser flexible, innovador y creativo. Por último, el insight causa estímulos emocionales tales como la confianza, satisfacción, sensibilidad, identidad con el cuidado del medio ambiente, orgullo, felicidad y positivismo (Figura 10.13).

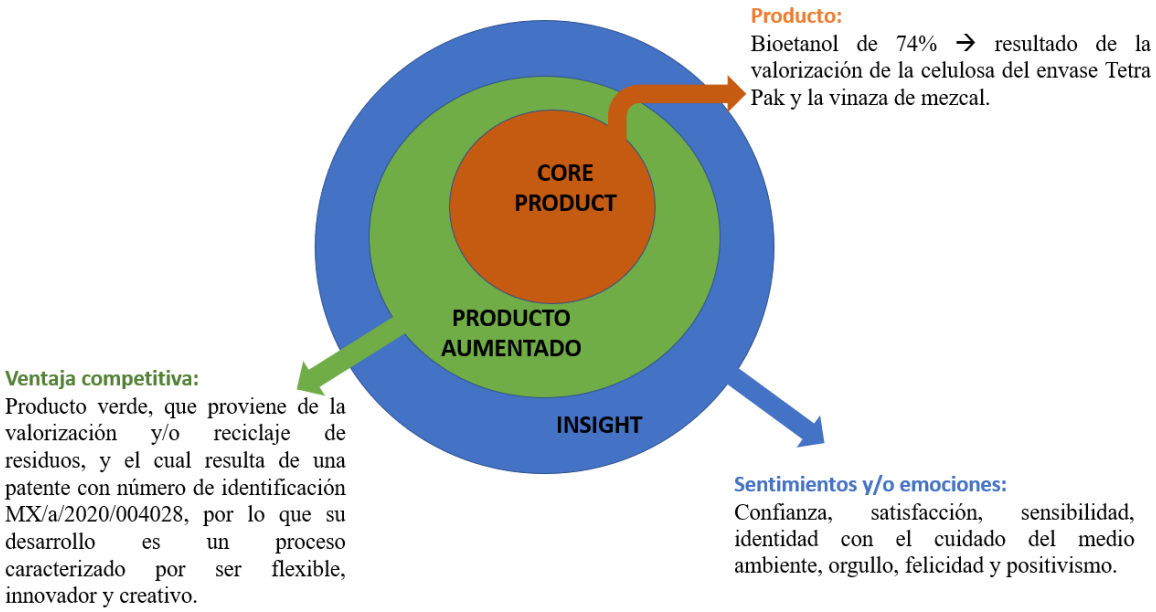


Fig. 10.13 Tres niveles de producto para la estrategia penetración de mercado (Producto actual/Mercado actual)
Fuente: Elaboración Propia

- **Descripción del mercado y sus características**

El producto (Bioetanol) va dirigido a clientes Business To Consumer (B2C), debido a que la intención es obtener cartera de clientes y por lo tanto ventas del producto, para que pueda ser utilizado por diferentes industrias alcoholeras en su proceso de producción de etanol de grado no alimenticio, y que puedan sustituir el utilizar como materia prima productos alimenticios tales como caña de azúcar, maíz, remolacha, entre otros, por este tipo de producto verde que proviene de la valorización de residuos.

Donde los clientes potenciales para este tipo de productos son los gerentes de las empresas que producen etanol de grado no alimenticio, como por ejemplo Oxifuel (Córdoba, Veracruz, Tehuacán, Puebla) y Alcoholera de Zapopan (Zapopan, Jalisco; Atoyac, Veracruz), por mencionar algunas. A continuación, se presenta una descripción del perfil del cliente promedio del producto (Figura 10.14).

Fig. 10.14 Tres niveles de producto para la estrategia penetración de mercado (Producto actual/Mercado actual)
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, se identificaron los intereses del perfil del cliente promedio, a partir de preguntas que ayudan a conocer sus preferencias y gustos, las cuales sirven para entablar una relación más estrecha vendedor-cliente con base al análisis realizado al mercado y producto (Tabla 10.3).

Tabla 10.3 Intereses del perfil del cliente promedio

Pregunta	Respuesta
¿Qué le gusta?	Leer libros de emprendedores y positivismo, hacer ejercicio, comer sano, específicamente si se trata de productos que vienen derivados de procesos sustentables.
¿Cómo ocupa el tiempo libre?	Pasar el tiempo en familia, con amigos, ver películas y hacer ejercicio.
¿Qué tipo de música escucha?	Música clásica y mexicana
¿Qué género de películas prefiere?	Acción y documentales

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de mercado y producto realizado

De acuerdo con lo anterior, se presenta una descripción del problema a solucionar, en la siguiente Tabla 10.4.

Tabla 10.4 Descripción del problema a resolver

Pregunta	Respuesta
¿Qué necesidades de las que el cliente tiene, resuelve nuestro producto?	Con la problemática que se vive de la escasez de alimentos, el contar con una opción de producto verde que proviene de la valorización de residuos, los cuales son utilizados como materia prima para la producción del etanol, en vez de usar alimentos, y que estos residuos sean de los que más se producen a nivel mundial, les da una opción viable y eficiente para el proceso de producción.
¿Qué ventajas le da usar nuestro producto? ¿Cómo nuestro producto le facilita la vida?	El bioetanol generado a partir de celulosa y vinaza de mezcal les aportaría una ventaja competitiva, al tener un proceso más sustentable, debido a que se esta reciclando-valorizando residuos, los cuáles son objetivos de la economía circular, y además ayuda con la escasez de alimentos que se vive, para que ya no sean utilizados como materia prima en la producción del etanol. Además de que el bioetanol generado puede ser acoplado para los diferentes usos que se le quieran dar (no para ser utilizado de grado alimenticio).

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de mercado y producto realizado

- **Análisis de la competencia**

Un aspecto importante para considerar en la estrategia de penetración de mercado es la identificación de la competencia, para entender la oferta de cada una y mantener una ventaja competitiva ante ellos. Debido a que el producto (Bioetanol) proviene de la valorización de la vinaza de mezcal y celulosa del envase Tetra Pak, y es un proceso patentado, hasta ahora no se cuenta con una competencia directa que produzca bioetanol a partir de estos dos residuos como materia prima. Por lo tanto, dentro de la búsqueda se consideraron aquellos que producen bioetanol a partir de materia prima agrícola o celulosa, y que se encuentren cerca de la zona de estudio: Puebla, Puebla.

Por lo anterior, se llevó a cabo un análisis de la competencia considerando dos empresas, las cuales son las que cuentan con más presencia de producción de bioetanol en el país (Agüero-Rodríguez, Tepetla-Montes y Torres-Beristaín, 2015), siendo la primera empresa "Oxifuel", la cual produce Bioetanol a partir de caña de azúcar, y cuenta con plantas en la ciudad de Orizaba, Veracruz y Tehuacán, Puebla; y la segunda empresa, "Alcoholera de Zapopan, S.A

de C.V.” que produce el etanol con caña de azúcar como materia prima y cuenta con plantas en Zapopan, Jalisco; Puebla, Puebla y Atoyac, Veracruz.

Los criterios para el análisis de la competencia fueron: la robustez del producto (variedad, calidad y/o marcas que ofrece), precio (precio promedio de sus productos respecto al promedio del mercado), plaza (donde está ubicado, la estructura física, si es tienda virtual y la funcionalidad de la página), promoción en redes sociales (que imagen maneja, cómo se publicita) y ventaja competitiva (preferencia de los consumidores). Estos criterios fueron ponderados asignando calificaciones del 10 al 6, en orden de mayor a menor para los criterios de robustez, plaza, promoción de redes sociales y ventaja competitiva. Para el caso del criterio precio, la asignación de calificación fue de 10 a 6, en orden de menor a mayor. La Tabla 10.5 muestra el resumen de la información obtenida.

Tabla 10.5 Análisis de la competencia

	Competidor 1: Oxifuel	**Competidor 2: Alcoholera de Zapopan**	**UPAEP**
Robustez del producto (variedad, calidad y/o marcas)	Es un Bioaditivo para gasolina que aporta más de 100 puntos de octanaje, es compatible con todos los vehículos y mejora la calidad de cualquier gasolina, sin embargo, no la sustituye. No ofrece productos complementarios.	Producción, importación y comercialización de alcohol etílico hidratado y anhidro, algunos productos son: alcohol etílico de caña neutro 96°, desnaturalizado 70°, alcohol etílico de grano 96°, alcohol etílico de caña 99.5° anhidro, gel antibacterial, alcohol combustible en gel y vinaza pura. Productos son utilizados principalmente en la industria Alimenticia, Bebidas Alcohólicas, Farmacéutica, Química y Petroquímica.	Bioetanol de 74% obtenido de la valorización de la vinaza de mezcal y celulosa del envase Tetra Pak. No ofrece productos complementarios.
Ponderación	8	10	9
Precio (precio promedio de sus productos indique si es alto, bajo o igual que el promedio del mercado)	El precio es de $14 pesos por litro, el cual es menor al precio promedio del mercado de la gasolina. El precio de la gasolina en la actualidad es de $22.60 por litro de	El precio es de $20 pesos por litro, el cual es ligeramente menor al precio promedio del mercado de la gasolina.	El precio aproximado sería de $15 pesos por litro, el cual es menor al precio promedio del mercado de la gasolina y menor que el de la competencia 2.

	magna, $24.79 la premium, y el diésel $23.47.	El precio de la gasolina en la actualidad es de $22.60 por litro de magna, $24.79 la premium, y el diésel $23.47.	El precio de la gasolina en la actualidad es de $22.60 por litro de magna, $24.79 la premium, y el diésel $23.47.
Ponderación	10	8	9
Plaza (dónde está ubicado, cuál es su estructura física, si es tienda virtual, funcionalidad de la página)	Cuenta con varias plantas físicas que se encuentran ubicadas en diferentes lugares como Córdoba Veracruz y Tehuacán, Puebla, siendo estas las más importantes. Cuenta con página web y redes sociales que incluyen la información principal de la empresa y producto, así como la promoción de estos 2.	Cuenta con varias plantas físicas ubicadas en diferentes lugares de la república mexicana como Puebla, Atoyac, Veracruz, Zapopan, Guadalajara, Ciudad de México, entre otros. Cuenta con página web y redes sociales que incluyen la información principal de la empresa y productos y promoción de estos.	Por el momento no aplica el contar con tienda virtual o física, al ser de nuevo desarrollo, se contaría con una planta ubicada en Puebla, cerca del palenque Álvaro Vélez de la zona La Magdalena Cuaxixtla, junta auxiliar de Tecali de Herrera, Puebla, México. Así mismo, se contará con página web y redes sociales.
Ponderación	8	9	7
Promoción en redes sociales (que imagen maneja, cómo se publicita)	Publicidad es con anuncios del producto, donde resaltan sus ventajas, incluye imágenes relativas al producto. No tiene anuncio o campaña pagada	Publicidad es con anuncios de sus productos, sus ventajas, noticias sobre la empresa, incluyen fotos promocionales de los productos e interactúan con el consumidor.	Por el momento no aplica al ser de nueva creación y no contar con página aun, sin embargo, se incluiría información general de la empresa, producto. Su marketing de contenidos se identificaría por interactuar con el consumidor con imágenes relativas hacia

			el bioetanol y publicaciones sobre importancia cuidado del ambiente, economía circular, etc.
Ponderación	7	8	9
Ventaja competitiva (¿es evidente su ventaja? ¿por qué la prefieren sus compradores?)	Su principal ventaja es que es un precio accesible, menor al de la competencia, Así mismo, debido a su fórmula, permite que la combustión sea más rápida y que la gasolina que entra a la cámara se queme hasta un 99.9%. Además de fungir como aditivo, también limpia la cámara de combustión y elimina los depósitos de carbón acumulados por el uso de gasolina, lo cual contribuye a mantener la salud del motor y así mismo, también tiene la ventaja de ser renovable.	Ser renovable, la empresa cuenta con varios productos, es una empresa internacional, lo cual le da mayor prestigio.	La principal ventaja es que su precio se encontraría por debajo de la gasolina y la competencia 2, además de que es un producto sustentable, que proviene de la valorización de residuos, lo cual lo hace que para su fabricación no se necesiten productos agrícolas que sirven de alimentación de personas.
Ponderación	8	9	10

Fuente: Elaboración Propia

Se desarrolló el mapa de posicionamiento para identificar el lugar que ocupa nuestro producto-empresa en el mercado con respecto a las otras marcas de la competencia. Para la Figura 10.15, se tomaron en consideración los criterios de precio y robustez del producto, este último que considera variedad, calidad y/o marcas que ofrece. Se puede observar que nuestro producto-empresa presenta una alta robustez y precio bajo a diferencia del resto de los competidores, quienes presentan un precio alto y alta robustez, como es el caso de Alcoholera de Zapopan; o bien precio bajo y baja robustez como Oxifuel; lo que indica que nuestro producto representa la mejor opción considerando estos dos criterios.

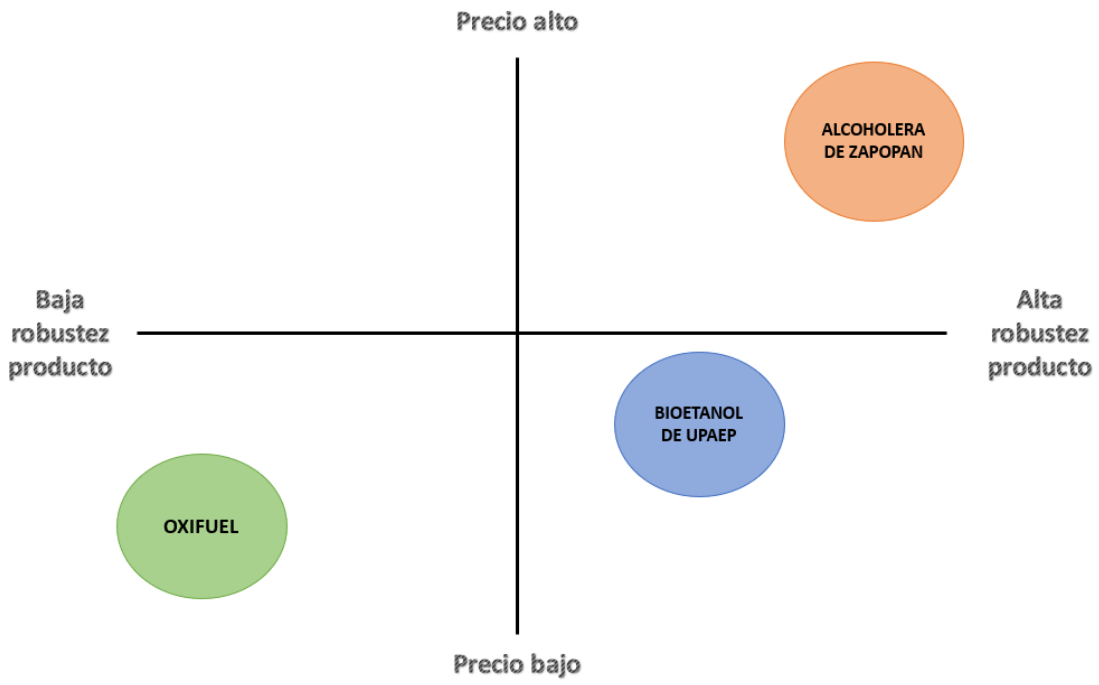


Fig. 10.15 Mapa de posicionamiento considerando precio y robustez
Fuente: Elaboración Propia

Un segundo mapa de posicionamiento se realizó para identificar el lugar que ocupa el producto de la UPAEP en el mercado con respecto a las de la competencia. En este caso, se tomaron en consideración los criterios de precio y ventaja competitiva, la cual refleja la preferencia de los consumidores. En la Figura 10.16 se puede observar que nuestro producto-empresa cuenta con alta ventaja competitiva y precio bajo, seguida de Alcoholera de Zapopan quien también presenta buena ventaja competitiva, pero precio alto, y finalmente Oxifuel con menor ventaja competitiva que las dos empresas anteriores, sin embargo, es la que cuenta con el precio más bajo de todos. Por lo cual, el bioetanol de UPAEP, representa una opción viable considerando estos dos criterios.

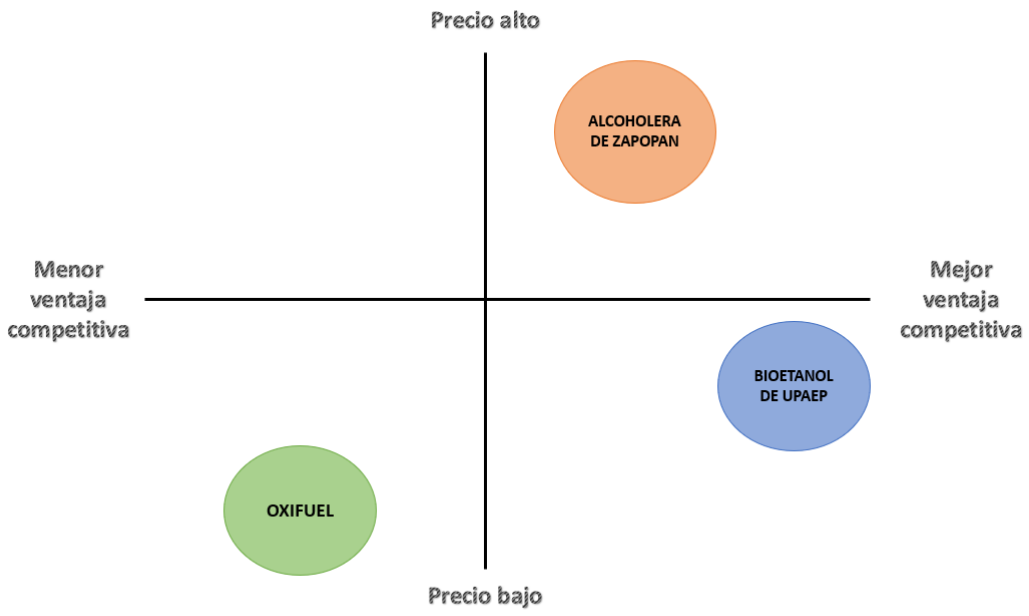


Fig. 10.16 Mapa de posicionamiento considerando precio y ventaja competitiva
Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis de la industria y megatendencias**

A continuación, se presenta el análisis de tendencias en la industria en la que se encuentra la UPAEP con el emprendimiento del bioetanol, siendo en este caso, la industria de valorización de residuos, específicamente sólidos urbanos. El análisis comprende la identificación de las tendencias y sus implicaciones en los tres niveles del producto (Core product, producto aumentado y el insight), en caso de que aplique. En la Tabla 10.6 se marcó con un signo (+) lo que ya está aplicando la empresa y con un carácter (x) lo que aún no está considerado dentro de sus acciones.

Tabla 10.6 Análisis de tendencias en industria de valorización de residuos

Nombre de la tendencia	Descripción de la tendencia	Implicaciones en el Core Product	Implicaciones en el producto aumentado	Implicaciones en el insight
Relleno cero (Hernández, s.f.)	Consiste en hacer óptimos los procesos de valorización y recuperación de los residuos para que cada vez se lleve	El bioetanol es resultado de la valorización de celulosa del envase Tetra Pak y vinaza de mezcal, dos residuos que se	La principal ventaja es que su materia prima son residuos y no biomasa lignocelulósica nueva o	El sentir que se esta utilizando un producto amigable con el medio ambiente, que evita el que se acumulen mas

	menor cantidad de basura a los rellenos.	generan en grandes cantidades y que su reciclaje permite que no lleguen a los rellenos sanitarios (+).	productos agrícolas, por lo cual también se puede incrementar el número de clientes al ser el proceso de elaboración del bioetanol sustentable.	residuos en los rellenos genera sentimientos de satisfacción, felicidad, positivismo y confianza.
Incorporar al inicio de la cadena residuos para la generación de productos y materiales (Hernández, s.f.).	Consiste en trabajar en el diseño de productos con materiales que puedan reincorporarse a la cadena productiva después de cumplir su ciclo. Esta tendencia global es parte del concepto de economía circular, que consiste en transitar del modelo de economía lineal en el que vivimos hacia un modelo donde todo se vuelva a utilizar.	Los productores del envase multicapa y mezcal, al generar sus residuos pueden obtener más ganancias al valorizarlos, por ejemplo, con el bioetanol de la presente investigación. Así mismo, empresas que se dedican a generar bioetanol de grado no alimenticio, pueden ahorrar dinero y formar aliados estratégicos con las empresas generadoras de los residuos que sirven para producirlo (Mezcaleros y Tetra Pak). (-)	Ventaja al formar aliados estratégicos, lo que permitiría disminuir costos, hacer procesos más sustentables.	Sentimientos de satisfacción, confianza, seguridad y positivismo.
Segregación de residuos en el origen o punto	Consiste en promover la importancia del	El bioetanol que se produce utilizando como	Los sectores involucrados (UPAEP,	Sentimientos de satisfacción,

verde/limpio (Vía pública, instituciones, escuelas) y educación ambiental (Pon, 2019).	cuidado del medio ambiente, separación de residuos, reciclaje para evitar lleguen a los rellenos sanitarios y se transite a la economía circular	materia prima celulosa del envase Tetra Pak y vinaza de mezcal, representa un área de oportunidad para formar alianzas entre los sectores involucrados, así como con las personas en general para demostrarles el compromiso con el ambiente y obtener su preferencia.	mezcaleros, Tetra Pak, productores de bioetanol de grado no alimenticio) obtendrían ventaja de disminuir costos, ventaja ante otros competidores y preferencia de los consumidores.	confianza y orgullo.

Fuente: Elaboración Propia

Algo importante a considerar es que las tendencias anteriores coinciden con lo encontrado en el análisis realizado para el artículo "Estrategias de comercialización para el reciclado de residuos: un análisis bibliométrico hacia la economía circular", ("Marketing strategies for waste recycling: a bibliometric analysis towards the circular economy"), el cual se encuentra en el apartado de anexos con el número 1. En dicho artículo las principales tendencias encontradas resultaron ser Marketing, gestión de residuos y reciclaje, las cuales también coincidieron con el análisis de Google trends realizado, en donde los resultados arrojaron economía circular, residuos y marketing verde, por lo cual coinciden con las tendencias presentadas en la Tabla 10.6

- **Estrategia de comercialización**

Una vez realizado el análisis perfil de cliente, del producto, de la competencia y de las tendencias actuales de la industria, se seleccionó la estrategia que más se adapta al objetivo del proyecto, siendo la de Penetración de mercados, misma que se describe a continuación:

La **estrategia general** propuesta es (cuadrante de Ansoff):

Estrategia de penetración de mercados (Mercado actual/Producto actual)

Justificar el por qué el uso de esa estrategia:

Se seleccionó esta estrategia puesto que es una estrategia de crecimiento empresarial, ideal para empresas que se encuentran iniciando en el mercado y que buscan obtener clientes y

dar a conocer el producto, debido a que el objetivo de la estrategia es la identificación y desarrollo de segmentos de mercado para productos existentes. Esta estrategia considera como parte primordial el marketing mediante la correcta publicidad y promoción del producto resaltando las ventajas de este, para obtener clientes, y asegurar ventas.

- **Desarrollo de la estrategia de comercialización**

A continuación, se describe la táctica seleccionada para el tipo de estrategia mencionada anteriormente (Tabla 10.7). Dicha táctica está relacionada con el incremento de la actividad promocional y branding, es decir el posicionamiento y definición de la marca de la empresa, y de los productos en el mercado.

Tabla 10.7 Desarrollo de la táctica a utilizar

<table>
<tr><th>Nombre de la Táctica</th><th>Incremento de la actividad promocional y branding</th></tr>
<tr><td>Descripción de la Táctica</td><td>La empresa quiere dar a conocer el producto (Bioetanol) a los consumidores, destacar sus ventajas, mediante actividad promocional y que también los consumidores reconozcan la empresa (UPAEP) y la prefieran ante la competencia, lo cual se logra con el posicionamiento en el mercado, y de resaltar las cualidades de la marca (branding).</td></tr>
<tr><td>Actividades para implementar la táctica</td><td>
<table>
<tr><th>General</th><th>Específica</th></tr>
<tr><td>Diseño de la etiqueta/marca del producto</td><td>Creación del logotipo de la marca y etiqueta del producto.</td></tr>
<tr><td>Plan de canales de distribución</td><td>Definir la forma de canales de distribución.</td></tr>
<tr><td>Desarrollo de mercados</td><td>Lograr conseguir la preferencia de los consumidores mediante la venta del producto,
posicionándolo de acuerdo
criterios geográficos (regiones
o países) y de comportamiento o gustos (hábitos de compra y uso).
Realizar encuesta de satisfacción.</td></tr>
<tr><td>Actividad promocional</td><td>Realizar promoción del producto mediante cupones y boletines, en redes y medios digitales, prueba de productos.</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Indicadores de éxito, ejecución y resultado de la implementación de la táctica</td><td>Indicadores de ejecución:
• Incremento de clientes anualmente (porcentaje)
• Resultado de encuesta de satisfacción

Indicadores de resultado:
• Ventas totales mensuales
• Porcentaje de ganancias al año</td></tr>
</table>

	• Tiempo de recuperación de inversión (TIR)
Actividad y costo aproximado en el que se va a incurrir	**Diseño de etiqueta/marca del producto:** • Impresiones • Diseñador gráfico **Canales de distribución:** • 1 vehículo y combustible • Por inicio 5 empleados (1 director, 2 Ingenieros de apoyo, 1 asistente y 1 diseñador), incluidos los sueldos **Desarrollo de mercados y actividad promocional:** • Impresiones • Diseñador de publicidad-gráfico • Computadora y celular • Producto extra de prueba
Observaciones	La empresa es nueva en ofrecer un producto resultado de valorización de residuos como el Bioetanol, por lo que se pretende atraer clientes potenciales que prefieran el producto y conseguir ventas.

Fuente: Elaboración Propia

- **Cronograma de actividades y cálculo del punto de equilibrio**

La Figura 10.17 muestra el cronograma de actividades para la estrategia de penetración de mercados en relación con el incremento de la actividad promocional y branding para obtener clientes potenciales. En dicha tabla se describen las actividades a desarrollar de acuerdo con la táctica seleccionada, en conjunto con la duración en días, las fechas de cumplimiento, los responsables de cada actividad y el costo correspondiente de cada una.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE COMERCIALIZACIÓN

Matriz donde se ubican actividades, tiempo programado para realizarlas y responsables del cumplimiento de las mismas.

Diagrama de Gantt	
PROYECTO	Estrategia de penetración de mercado /incremento de actividad promocional y branding
UNIDAD DE TIEMPO	DIAS
FECHA DE INICIO	1/8/2022

ACTIVIDAD	NOMBRE	DURACION (EN DÍAS)	ACTIVIDAD PRECEDENTE	INICIO	FINALIZACION	RESPONSABLE	COSTO
A	Diseñar	30		1/8/2022	30/08/2022	Director General y Diseñador gráfico	$ 20,000
B	Distribuir	15	A	31/08/2022	14/09/2022	Director General e Ingenieros de apoyo	$ 7,000
C	Cartera	30	B	15/09/2022	14/10/2022	Director General e Ingenieros de apoyo	$ 12,000
D	Clasificar	15	C	15/10/2022	29/10/2022	Asistente	$ 3,000
E	Planear	15	D	30/10/2022	13/11/2022	Asistente	$ 2,800
F	Difusión	30	E	14/11/2022	13/12/2022	Director General y Diseñador gráfico	$ 10,000
G	Mues. Dig.	20	F	14/12/2022	02/01/2023	Director General	$ 3,000
H	Comunicar	12	G	03/01/2023	14/01/2023	Asistente	$ 3,300
I	Citar	12	H	15/01/2023	26/01/2023	Asistente	$ 2,000
J	Visitar	20	I	27/01/2023	15/02/2023	Director General e Ingenieros de apoyo	$ 4,200
K	Mues Fis.	20	J	16/02/2023	07/03/2023	Director General e Ingenieros de apoyo	$ 4,000
L	Seguir tel	12	K	08/03/2023	19/03/2023	Asistente	$ 2,000
M	Pedidos	15	L	20/03/2023	03/04/2023	Asistente	$ 3,300
N	Atención	15	M	04/04/2023	18/04/2023	Director General	$ 2,000
O	Sondeo	20	N	19/04/2023	08/05/2023	Director General e Ingenieros de apoyo	$ 3,500
P	Revisión	30	O	09/05/2023	07/06/2023	Director General	$ 4,000
						TOTAL	$ 86,100

Fig. 10.17 Cronograma de actividades de la estrategia de penetración de mercados
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, dentro de la Figura 10.18, se puede observar la descripción de lo que se realiza para cada una de las actividades mencionadas dentro del cronograma de la estrategia de comercialización. A su vez, en la Figura 10.19, se observa el gráfico que representa la duración que tendría el aplicar toda la estrategia de comercialización, considerando la duración individual en días de cada actividad y su acumulado, derivado que las actividades son precedentes. Es importante considerar que se propone como fecha de inicio de aplicación de la estrategia el 01 de agosto, y de acuerdo con las actividades a realizar se estaría terminando y evaluando (se considera ya con ventas, obteniendo clientes y pudiendo realizar análisis de ganancias) para junio del 2023.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Diseñar	Creación de logotipo y marca del producto
Distribuir	Definir canales y/o rutas de distribución del producto
Cartera	Identificar los clientes B2C potenciales
Clasificar	Clasificar los clientes por zona geográfica, hábitos de compra, gustos y/o preferencias
Planear	Organizar y filtrar la información para priorizar a los clientes
Difusión	Creación de campaña digital en redes sociales (Facebook, instagram, youtube) referente a cupón y boletin promocional para atraer clientes potenciales y además fortalecer la difusión con una página web mostrando el Bioetanol, resaltando sus ventajas y sus caracteristicas.
Muestra digital	Presentación digital del producto (Bioetanol) a los gerentes de la empresa para su aceptación y posterior compra
Comunicar	Mantener contacto telefónico con los posibles clientes
Citar	Establecer una agenda para la organización de citas
Visitar	Realizar las visitas a los clientes potenciales interesados
Muestra física	Durante la visita se da demostración y prueba del producto
Seguimiento	Dar seguimiento vía telefonica y/o presencial
Pedidos	Levantamiento de pedidos
Atención	Dar seguimiento y mantener a los clientes
Sondeo-Satisfacción	Evaluación de la estrategia y encuesta de satisfacción
Revisión	Revisión de la estrategia y cálculo de ganancias y comparación del antes y despues de ventas

Fig. 10.18 Descripción de actividades
Fuente: Elaboración Propia

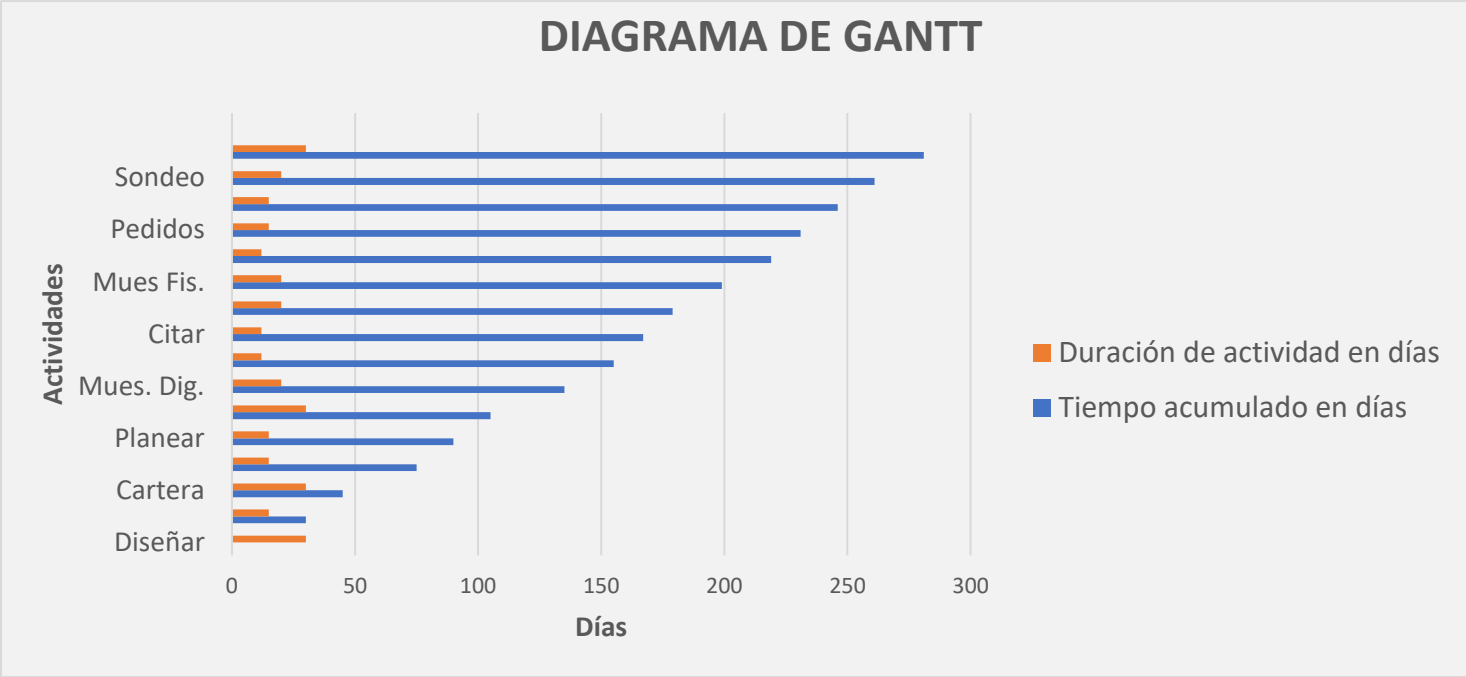


Fig. 10.19 Diagrama de Gantt
Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, para finalizar el análisis del proyecto y determinar su viabilidad, se calculó la Tasa Interna de Retorno (TIR), así como el costo-beneficio del proyecto y el punto de equilibrio (PE), en donde se muestra el precio promedio de venta, el porcentaje de costo, utilidad unitaria, costo total del proyecto de comercialización y las unidades mínimas de venta para generar una estrategia exitosa, de modo que podamos llegar al punto donde los ingresos se igualan a los egresos, y en el caso de la TIR, el porcentaje de beneficio que tendrá el proyecto o estrategia al ponerla en marcha, obteniendo un resultado para la TIR de 17.60% con un costo-beneficio de 1.77, el cual al ser mayor de 1, nos indica que es rentable el proyecto y que por cada peso invertido se tendrán ganancias de $1.77, y respecto al punto de equilibrio se obtuvieron como resultado el vender 1700 unidades o productos de Bioetanol para poder generar una estrategia exitosa donde se pueda recuperar y obtener ganancias con respecto a lo invertido (Figura 10.20).

Es importante considerar que para el cálculo de la TIR, se consideró como inversión inicial un valor de $250,000 como financiamiento, y que a partir del análisis realizado de los costos que se observaron en la Figura 10.17, del diagrama de Gantt, la inversión necesaria para llevar a cabo la estrategia es de $86,100 y que considerando un precio de $15 del Bioetanol se obtendrían ganancias anuales de $153,000, vendiendo un aproximado mensual de 850 productos, el cual dicha cantidad sale del análisis e investigación realizado de ventas de productos utilizados como bioaditivos de la gasolina, el cual es la meta para la que se pretende utilizar el Bioetanol resultante de esta investigación.

CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO Y COSTO BENEFICIO DE APLICAR LA ESTRATEGIA DE COMERCIALIZACIÓN

	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingreso	Inversion inicial	$ 153,000.00	$ 168,300.00	$ 185,130.00	$ 203,643.00	$ 224,007.30
Gastos		$86,100.00	$ 94,710.00	$ 104,181.00	$ 114,599.10	$ 126,059.01
Saldo final	-$250,000.00	$ 66,900.00	$ 73,590.00	$ 80,949.00	$ 89,043.90	$ 97,948.29
Saldo acumulado		$ 66,900.00	$ 140,490.00	$ 221,439.00	$ 310,482.90	$ 408,431.19

TREMA	7%	La inflación que nosotros consideramos, lo que nosotros queremos ganar
TIR	17.60%	Debe salir MAYOR a la Tasa de descuento (TREMA)
VPN	$330,645.16	Si sale + el proyecto es viable
Payback meses (Tiempo de recuperación)	3.09	Si es menor a 10 años, es rentable el proyecto
Costo-Beneficio	1.777003484	Debe ser >1 para ser rentable

Estrategias de comercialización- Cálculo de Punto de equilibrio

Precio de venta unitario /ticket promedio	% de costo	Costo	Utilidad unitaria	Costo total del proyecto de comercialización	Unidades mínimas de venta para generar estrategia exitosa	Clientes nuevos para generar estrategia exitosa
$ 101.29	50%	$ 50.65	$ 50.65	$ 86,100.00	*1700*	*1700*

Fig. 10.20 Cálculo de Punto de Equilibrio y Tasa Interna de Retorno
Fuente: Elaboración Propia

11. Conclusiones

Respecto al objetivo 1, correspondiente al análisis bibliométrico realizado se demuestra que no hay un vínculo entre las áreas de las estrategias de comercialización y residuos, es decir, que no se están estudiando de forma conjunta, sino que se están desarrollando de forma aislada, lo que esta investigación denota un área de oportunidad de trabajar y estudiar las estrategias de comercialización para el reciclado de residuos como lo son los envases multicapa y vinazas de mezcal y que estos a su vez propicien la transición hacia la economía circular.

Así mismo, con la simulación molecular de los principales componentes de la vinaza de mezcal y los envases multicapa, se demostró que si es posible lograr la separación de las moléculas que conforman la celulosa, polietileno y aluminio del envase, pero que se necesitan condiciones óptimas para hacerlo, lo cual se vio reflejado con lo encontrado en el objetivo 3 respecto a las variables de mayor incidencia en la separación (tiempo, masa y volumen), debido a que estos materiales presentan altas fuerzas de energía y de enlace, siendo más fuertes la del polialuminio, lo cual hace que cueste separarlos más, a comparación de la celulosa que cuenta con un potencial de energía menor.

Con el objetivo 3 de la presente investigación se concluye que es posible separar los materiales de los envases multicapa a través de la vinaza de mezcal, obteniendo que de los experimentos que se realizaron, el 1, 20 y 5 fueron los de mejor eficiencia en la separación, siendo las variables de volumen, masa, tiempo las de mayor incidencia en el proceso, y de estas 3, el tiempo la más sensible para la separación. Las condiciones óptimas que dieron la factibilidad de la separación del envase Tetra Pak por medio de la vinaza de mezcal fueron: Volumen (1.5 L), Masa (1.5 gr/100 ml), Tiempo (1.5 horas), Temperatura máxima (60.6°C), pH (4-4.5) y Velocidad de agitación (300 rpm).

Así mismo, se demostró la factibilidad técnica de la producción de bioetanol a partir del enriquecimiento de la vinaza de mezcal con celulosa, seguida de un proceso fermentativo y de destilación obteniendo un producto de más del 70%, lo cual se logra sin la necesidad de adicionar microorganismos externos que favorezcan el proceso fermentativo, indicando que tal proceso no compromete ningún factor ético, alimenticio y ambiental y que a su vez, esta investigación es viable para poder reciclar de forma conjunta residuos que son altamente contaminantes, y que pueden ser valorizados en productos de valor comercial.

Finalmente, con el diseño de la estrategia de comercialización para la valorización de los envases multicapa como lo es el Tetra Pak en la generación de bioetanol se concluye que la estrategia de penetración de mercado es la indicada, debido a que con el análisis realizado se obtendrían ganancias al corto tiempo de aplicación, y que la inversión realizada se recuperaría con un alto valor, por lo que queda demostrado que el estudiar de forma conjunta las estrategias de comercialización para el reciclaje de residuos genera ventajas e impactos positivos en el ámbito ambiental, económico, social e institucional, pilares importantes del desarrollo sostenible, cumpliendo de esta forma la hipótesis de que la generación de bioetanol a partir de la valorización de los envases multicapa y vinaza de mezcal es técnicamente viable, amigable con el medio ambiente y económicamente competitivo que lo hace un proceso sustentable y de interés comercial.

Trabajos Futuros:

- Se plantea la optimización del proceso de producción de bioetanol a una escala mayor
- Se propone realizar pruebas de las variables óptimas del proceso de separación de los materiales del envase multicapa a través de vinaza de mezcal en escala piloto y posteriormente a nivel industrial
- Poner en marcha la estrategia de comercialización propuesta para evaluar el éxito de esta en la práctica.

12. Referencias

Abascal Fernández, R. (2017). Estudio de la obtención de bioetanol a partir de diferentes tipos de biomasa lignocelulósica. matriz de reacciones y optimización. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Cantabria]. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12178/RAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alonso-Gómez, L.A. y Bello-Pérez, L.A. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Alvarado Rodríguez, A.G. (2013). *Plan de Comercialización.* [Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica de Tula - Tepeji]. Recuperado el 3 de junio de 2021 de: https://www.uttt.edu.mx/catalogouniversitario/imagenes/galeria/134a.pdf

Álvarez Soto, L.A. (2018). *Implementación de un sistema de gestión ambiental y selección tecnológica para el residuo de envases de Tetrapack.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7997

Arechavaleta Vázquez, E.F. (2015). Estrategias de comercialización. En Ramírez-Ortiz, M.E. (Ed.). T*endencias de Innovación en la Ingeniería de Alimentos: OmniaScience*, 1 169-195. doi: http://dx.doi.org/10.3926/oms.2 92

Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Recuperado en marzo de 2020 de: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Situaci%C3%B3n-de-la-gesti%C3%B3n-de-residuos-s%C3%B3lidos-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf

Baskoro, L., Muhammad, A., Kunio, Y. y Fumitake, T. (2017). Energy and resource recovery from Tetra Pak waste using hydrothermal treatment. *Applied Energy,* 207 107-113. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.141

Burin, D. (2017). Estrategias de comercialización. Manual de Facilitadores de Procesos de Innovación Comercial. *Fundación ArgenInta*. Recuperado el 13 de julio de 2021 de: http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3153/BVE17089159e.pdf;jsessionid=3D14940477234B64ACA92902F6D6293B?sequence=7

Cardoza Palomino, L.A. (2018). *La aplicación de la matriz de Ansoff para la mejora de la competitividad empresarial, caso: Institución educativa "Nuestros chiquitines", Surco 2018.* [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Martín de Porres]. https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4316

Castro-Martínez, C., Beltrán-Arredondo, L.I., y Ortiz-Ojeda, J.C. (2012). Producción de biodiesel y bioetanol: ¿Una alternativa sustentable a la crisis energética? *Ra Ximhai*, 8(3b) 93-100. https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177010.pdf

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (2004). México. *MX/a/2004/332661*. Guadalajara, Jalisco; Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (2014). *Manual para la estandarización de los procesos de producción del mezcal guerrerense.* Recuperado el 26 de abril de 2022 de: https://centrosconacyt.mx/wp-content/uploads/2015/04/manualmezcalguerrerense.pdf

Chacón-Olivares, M., Pacheco-Rivera, A., Cendejas-López, M., y Ortega-Herrera, F., (2016). Tendencia del crecimiento en la cultura del reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales,* 2(5) 63-72. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_7.pdf

Chagua Román, A., Moquillaza Flores, J. y Quiroz Pinto, K. (2020). Biomasa-Energías Renovables. *Universidad Científica del Sur*. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cientifica-del-sur/educacion-ambiental/informe/biomasa-energias-renovables/8282232/view

CONADESUCA. (2016). *Vinazas: Alternativas de uso*. Recuperado el 20 de junio de 2022 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171932/Nota_Informativa_Septiembre_Vinazas.pdf

Consejo Regulador del Mezcal. (2020). Informe Estadístico 2020: El mezcal la cultura liquida de México. Recuperado el 19 de febrero de 2021 de: http://www.crm.org.mx/informes.php

Consejo Regulador de la Calidad del Mezcal A.C. (2022). *Informe Estadístico 2022.* Recuperado el 25 de junio de 2022 de: https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2022/06/INFORME-2022-_II_-SINTESIS.pdf

Coyago, E., Gonzales, K., Heredia, E y Sánchez, R. (2016). Recomendaciones para la caracterización y cuantificación de Residuos Sólidos Universitarios. Caso de estudio: Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, Quito. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 23 (1) 60-71. DOI:10.17163/lgr.n23.2016.07

DOF (2015). NORMA Oficial Mexicana: Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial. (*NOM-142-SSA1/SCFI-2014*). Recuperado el 21 de marzo de 2021 de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5386313&fecha=23/03/2015#gsc.tab=0

DOF (2016). Norma Oficial Mexicana: Especificaciones de calidad de los petrolíferos. (*NOM-016-CRE-2016*). Recuperado el 22 de junio de 2022 de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5450011&fecha=29/08/2016

Cuellar Milian, N.M. (2021). *Producción de etanol valorizando vinaza y residuos sólidos urbanos y de manejo especial celulósicos.* [Tesis de Maestría, no publicada]. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Cuellar-Milian, N.M.; Rosano-Ortega, G., Sánchez Ruíz, F.J., Vega Lebrún, C.A., Méndez Díaz, J.F., Mendoza Martínez, S.A. y Mendoza Martínez, R. México. MX/a/2020/004028. Puebla, Puebla; Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo. (30 de mayo de 2018). Por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Recuperado el 19 de febrero de 2021 de: https://www.boe.es/doue/2018/150/L00109-00140.pdf

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (1995). NORMA Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la destilería". [*NOM-064-ECOL-1994*]. Recuperado el 20 de junio de 2022 de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4865774&fecha=05/01/1995#gsc.tab=0

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2015). *Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos.* Recuperado el 24 de abril de 2022 de: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Díaz Barajas, S.A., Garzón Zuñiga, M.A., y Moreno Andrade, I. (2020). Tratamiento de vinazas de mezcal: revisión de procesos y propuesta de tren de tratamiento. *Revista Latinoamericana el ambiente y las ciencias*, 11(28) 216-220. http://aguanet.com.mx/foro1/49.pdf

Ellen MacArthur Foundation, (2022). *Circular Economy*. Recuperado el 23 de junio de 2022 de: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto

Enríquez Pérez, M.A., Rosales Davalos, J., López Ramírez, R. y Castrejon Sánchez, V.H. (2017). Aprovechamiento de residuos de envases multicapa para la elaboración de aglomerados. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 1(1) 1-15. https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2017/62/10/1b62bc1217a9233a84b62515ac181597.pdf#:~:text=El%20reciclaje%2C%20se%20efectua%20mediante,almacena%20para%20su%20posterior%20reciclaje.

Ferreira, K. (18 de noviembre, 2020). *Penetración de mercado: qué es, cómo funciona esta estrategia y ejemplos de su aplicación.* Recuperado el 14 de julio de 2021 de: https://rockcontent.com/es/blog/penetracion-de-mercado/

Georgipoulou, I., Pappa, G.D., Vouyiouka, S.N. y Magoulas, K. (2021). Recycling of post-consumer multilayer Tetra Pak packaging with the selective dissolution-precipitation process. *Resources, Conservation & Recycling,* 165. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105268

Gómez Torres, R.M. (2014). *Recuperación de Polietileno de Baja Densidad (LDPE) a partir de empaques Tetra Pak.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. https://core.ac.uk/download/pdf/55524739.pdf

González Ambrocio, M.J. (s.f.). *Estudio sobre las vinazas de la elaboración de mezcal potosina y perspectivas de su aprovechamiento*. Recuperado el 20 de junio de 2022 de: http://www.ingenieria.uaslp.mx/agroindustrial/Documents/Proyectos/Presentaciones%20Taller%20III%202015-2016-II/Miriam%20Vinazas.pdf

Hernández Alday, A.P. (s.f.). Tendencias en gestión de RSU. *Alcaldes de México*. Recuperado el 01 de julio de 2022 de: https://www.alcaldesdemexico.com/revista/medio-ambiente/tendencias-en-gestion-de-rsu/

Hernández Galindo, C. (2017). *Obtención de Bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de fruta* [Tesis de Maestría, Universidad de Oviedo]. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/43613/TFM_CeliaHernandezGalindo.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Hernández Ovilla, F.A., Gómez-Flota, F.Y., Villalobos Maldonado, J.J. y Castañón González, J.H. (2019). Reciclaje de TetraPack para disminuir el impacto ambiental y crear un material de alta dureza. *Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*, 11(2) 540-544. https://ezproxy.upaep.mx:2404/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=16b0a13e-a314-43ec-b9da-f7bb6e045cff%40sessionmgr101

Ibarra-Camacho, R., León-Duharte, L. y Osoria-Leyva, A. (2018). Caracterización fisicoquímica de vinazas de destilerías. *Revista Cubana de Química,* 31(2) 246-257. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212019000200246

Instituto Nacional de Ecología [INE]. (1995). Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la destilería (Norma Oficial Mexicana. NOM-064-ECOL-1994). Diario Oficial de la Federación, 05 de enero de 1995. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4865774&fecha=05/01/1995#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D064,que%20dice%3A%20Estados%20Unidos%20Mexicanos.

Ionos by 1 & 1. (23 de mayo, 2019). *La matriz de Ansoff o cómo hacer crecer a tu negocio.* Recuperado el 13 de julio de 2021 de: https://www.ionos.mx/startupguide/productividad/matriz-de-ansoff/

Juárez Souza, D.O. (2016). *Process for recycling by separating the constituents of aluminized and plastified packaging, cartoned or not, and corresponding equipment*. United States.

Karaboyaci, M., Gozde Gizem, E., Mehmet, K. y Aziz, S. (2017). Process Design for the recycling of Tetra Pak components. *European Jorunal of Engineering and Natural Sciences*, 2(1) 126-

129.https://www.researchgate.net/publication/325206464_Process_Design_for_the_Recycling_Of_Tetra_Pak_Components_Publication_Info

Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources Conservation and Recycling*, 127 221–232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005

Los amantes mezcal. (2014). Mezcal "Los amantes". Recuperado el 07 de junio de 2022 de: http://losamantesmezcal.blogspot.com/2014/02/mezcal-los-amantes.html

Los amantes mezcal. (2022). *Elaboración de mezcal.* Recuperado el 26 de abril de 2022 de: https://losamantes.com/es/elaboracion.php

Mapfre (2020). *¿Qué obstáculos están impidiendo la economía circular?*. Recuperado el 20 de julio de 2022 de: https://www.mapfre.com/actualidad/sostenibilidad/economia-circular-obstaculos/

Maxipet (2022). *Envases de plástico y envases Tetra Pak*. Recuperado el 20 de julio de 2022 de: https://maxipet.net/blog/envases-de-plastico-y-envases-tetra-pak

Mendivelso Carrillo, H., y Lobos Robles, F. (2019). La evolución del marketing: una aproximación integral. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 59-70. https://sitios.vtte.utem.cl/rches/wp-content/uploads/sites/8/2019/07/revista-CHES-vol13-n1-2019-Mendivelso-Lobos.pdf

Mendizábal Alegría, R.A. (2016). *Evaluación de la separación mecánica del aluminio a partir de los materiales multicapas de los envases Tetra Brik. Mediante ataque redox a nivel laboratorio.* [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/5101/

Miranda, N. (2016). *Lanzamiento del nuevo adhesivo ADHEMAR (P.N)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Abierta Interamericana]. http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC120569.pdf

Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G.A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S. y Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators; What do they measure? *Resources, Conservation & Recycling,* 146 452-461. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045

Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553

Negrete-Cardoso, M., Rosano-Ortega, G., Álvarez-Aros, E.L., Tavera-Cortés, M.E., Vega-Lebrún. C.A. y Sánchez-Ruíz, F.J. (2022). Circular economy strategy and waste management: a bibliometric analysis in its contribution to sustainable development, toward a post-COVID-19 era. *Environmental Science and Pollution Research*. https://doi.org/10.1007/s11356-022-18703-3

Niero, M. y Hauschild, M.Z. (2017). Closing the Loop for Packaging: Finding a Framework to Operationalize Circular Economy Strategies. *Procedia CIRP*, 61, 685-690. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.209

Pon, J. (2019). *Taller Regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo.* Recuperado el 02 de julio de 2022 de: https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf

Poole Benavente, J.E. (2016). *Producción de bioetanol a partir de residuos de papel de oficina.* [Tesis de Licenciatura, Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar]. http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/164/PooleBenavente.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 15 85-95. http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308

Repsol (2022). *¿Qué es la economía circular?.* Recuperado el 19 de julio de 2022 de: https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/index.cshtml

Retes Pruneda, J.L. (2014). *Biorremediación de vinazas de la industria tequilera y mezcalera mediante tratamiento fisicoquímico y biológico*. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/1089/387365.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Riveros Cendales, M.A. (2018). *Revision of alternatives of global inverse logistics implementation for Tetra Pak recycling*. Recuperado el 04 de junio de 2021 de: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12552/2018miguelriveros.pdf?sequence=1

Rizo-Mustelier, M., Villa-Tabares, B., Vuelta-Lorenzo, D.R., y Vargas-Batis, B. (2017). Estrategias de comercialización para la gestión de ventas en el mercado agropecuario estatal Ferreiro de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC,* (4) 91-102. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181353794007

Robles-González, V., Galíndez-Mayer, J., Rinderknecht-Seijas, N. (2012). Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of Biotechnology*, (157) 524-546. Doi:10.1016/j.jbiotec.2011.09.006

Rodríguez, A y De la Cerna, C. (2017). El mezcal, su producción y tratamiento de residuos. *Alianzas y Tendencias,* 2(8), 10-14. http://www.ditco.buap.mx/recursos/documentos/revista/anio2_no8_2017/mezcal.pdf

Rodríguez-Hernández, R., Barrios-Ayala, A., Flores-López, H.E., Sánchez-Vásquez, V. y Ariza-Flores, R. (2016). Factibilidad económica de la producción de bioetanol con tres especies de Agave spp. en regiones productoras de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* 7(6) 1439-1453. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000601439&lng=es&nrm=iso

Romero Bonilla, H., Macías Balón, C., Palacios Moreno, A. y Redrovan Pesantez, F. (2019). Estudio Cinético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales de la cáscara de banano maduro. *Revista Industrial Data,* 22(1) 187-202. http://dx.doi.org/10.15381/idata.v22i1.16534

Rosano-Ortega, G., Sánchez Ruíz, F.J., Vega Lebrún, C.A., Méndez Díaz, J.F., Mendoza Martínez, S.A. y Mendoza Martínez, R. México. MX/a/2020/003941. Puebla, Puebla; Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

Sánchez Riaño, A.M., Gutiérrez Morales, A.I., Muñoz Hernández, J.A. y Rivera Barrero, C.A. (2010). Producción de Bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. *Tumbaga,* 1(5) 61-91. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3628225

Sanmartín Ramón, G.S., Zhigue Luna, R.A., y Alaña Castillo, T.P. (2017). El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Revista Universidad y Sociedad,* 9(1) 36-40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100005

Santos, C.M., Brito, P.L., Santos, A.T.O., Pantoja, L.A., Costa. A.S.V. y Santos, A.S. (2020). Ethanol Production from Waste of Paper Industry. Revista virtual de Química, 12(4) 1-10. http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200075

Santos Soares, A., Brito, P.L., Vieira da Costa, A.S., Meneses Santos, C., y Pantoja, L. (2020). Ethanol Production from Waste of Paper Industry. *Revista Virtual de Química*, 12(4) 1-10. DOI: 10.21577/1984-6835.20200075

Secretaría de Economía (2010). *Comercialización*. Recuperado el 03 de marzo de 2022 de: http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/productos-servicios/comercializacion

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2020). *Diagnóstico Básico para la gestión integral de los residuos.* Recuperado el 19 de febrero de 2021 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf

Secretaría de Energía [SENER]. (2017). Reporte de inteligencia tecnológica "Bioetanol". Recuperado el 21 de junio de 2022 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296708/IT_Bioetanol_01022018.pdf

Secretaría de Salud (1997). Norma Oficial Mexicana: Que establece las especificaciones sanitarias del alcohol desnaturalizado, antiséptico y germicida (utilizado como material de curación), así como para el alcohol etílico de 96ºG.L., sin desnaturalizar y las especificaciones de los laboratorios o plantas envasadoras de alcohol. (*NOM-138-SSA1-1995*). Recuperado el 10 de febrero de 2022 de: http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69549.pdf

Tetra Pak (2016). *The Green Roof Project: convertir cartón reciclado en láminas para techos. Tetra* Pak Protege lo Bueno. Recuperado el 24 de abril de 2021 de: https://www.tetrapak.com/insights/cases-articles/green-roof-project-thailand

Tetra Pak (2021). *Material para envasado para envases de cartón Tetra Pak.* Tetra Pak Protege lo Bueno. Recuperado el 24 de abril de 2022 de: https://www.tetrapak.com/es-mx/solutions/packaging/packaging-material/materials

Tetra Pak (2021). *Historia de Tetra Pak*. Tetra Pak Protege lo Bueno. Recuperado el 25 de febrero de 2022 de: https://www.tetrapak.com/es-mx/about-tetra-pak/the-company/history

Tetra Pak (2020). *Material para envasado para envases de cartón Tetra Pak.* Tetra Pak Protege lo Bueno. Recuperado el 19 de febrero de 2021 de: https://www.tetrapak.com/es-mx/solutions/packaging/packaging-material/materials

Valle Pérez, A.U., y González Ríos, J.A. (2019). *Del campo al motor, el bioetanol en México: Segunda parte.* Recuperado el 22 de junio de 2022 de: https://www.masciencia.org/news/2019/9/23/del-campo-al-motor-el-bioetanol-en-mxico-segunda-parte

Vázquez, H.J., y Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, Investigación y tecnología*, 8(4). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000400004

Vázquez Morales, O. (2015). *"Etanol lignocelulósico, a partir de cascarilla de café, por medio de hidrólisis química-enzimática y fermentación".* [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]. https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/41986/VazquezMoralesOscar.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vega Vera, V., y Pérez Akaki, P. (2016). Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor. *Perspectivas Rurales, Nueva época,* 15(29) 103-132. https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/9286/11001

Villalobos Castillejos, F. (2009). *Disminución de la materia orgánica biodegradable presente en vinazas mezcaleras mediante digestión anaerobia*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de la Mixteca]. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10960.pdf

World Bank Group. (2018). *What a Waste 2.0 A global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Recuperado el 15 de julio de 2022 de: https://documents1.worldbank.org/curated/en/697271544470229584/pdf/What-a-Waste-2-0-A-Global-Snapshot-of-Solid-Waste-Management-to-2050.pdf

Zarta Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa,* (28) 409-423. https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18

Zawadiak, J., Wojciechowski, S., Piotrowski, T., y Krypa, A. (2017). Tetra Pak Recycling: Current Trends and New Developments. *American Journal of Chemical Engineering*, 5(3) 37-42. Doi: 10.11648/j.ajche.20170503.12

13. Anexos

- **ANEXO 1**

Marketing strategies for waste recycling: a bibliometric analysis towards the circular economy

Shunashi Yectzin Aguilar-Morales[1], Mariana Negrete-Cardoso[1], Genoveva Rosano-Ortega[1*], Francisco Javier Sánchez-Ruíz[1], Laura Berenice Sánchez-Baltasar [1], Carlos Arturo Vega-Lebrún[1], Pablo Samuel Schabes-Retchkiman[2]

[1] Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). 9 poniente 1701, Barrio de Santiago C.P. 72410, Puebla, Pue. México.
[2] Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), CDMX, México.

* Corresponding author
E-mail: genoveva.rosano@upaep.mx (G. Rosano-Ortega). Telephone and fax numbers: +52 (222) 2121477, +52 (241) 41 72010. Full postal address: 21 sur #1103, Barrio de Santiago. C.P. 72410, Puebla, Pue., México

Abstract
Companies have adopted green marketing and marketing strategies to position themselves in consumer preferences, where the circular economy emerges as a solution to move towards responsible production and consumption patterns. From waste recycling marketing strategies, a descriptive analysis of 120 documents from the SCOPUS database was carried out using bibliometric techniques to know the existing state of the art for the period 1977-2021. The results indicate that the annual scientific production increased in the last ten years by over 200% for 2019, highlighting the United States, China, United Kingdom, Germany and India, and Mexico is in position 22. The conceptual and trend analysis points out the relationship between marketing, waste management, commercialization, recycling, sustainable development, and circular economy, topics that have deepened research in the last 5 years due to the SDGs. Through intellectual analysis, schools of thought were identified, highlighting the authors Chen, Wang, Zhang and Liu, Lu, and White, the most influential and connected with other authors. The results show no link between the study areas, but rather that they are developed in isolation, evidencing an area of opportunity to work on marketing strategies for waste recycling, where companies adopt circular economy objectives, obtaining an advantage. Competitive position and position in the market by offering products from a valorization that the consumer prefers.

Keywords: *Marketing strategies; Waste; Marketing; Circular Economy; Green Marketing; Bibliometric analysis*

Acknowledgements

This work has been sponsored by the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) in the framework of the master´s scholarship to conduct the postgraduate studies in Environmental Engineering and Sustainable Development over the period 2020-2022.

1. Introduction

Today, companies' globalization and competitiveness have meant to position themselves, maintain market preferences, and maintain competitive advantages over others. Organizations cannot limit efforts and

resources to ensure the sustained growth that allows them to guarantee the levels of profitability and efficiency required by their investors. Hence, an essential requirement is implementing strategies and tools to satisfactorily achieve these objectives (Arechavaleta 2015; García et al. 2017). The analysis, research, and understanding of the processes that determine consumer preferences, as well as the formulation, design, and implementation of correct marketing strategies that can anticipate the needs of the consumer to win their choice, are an absolute priority in the companies (Windiana, Mazwan, and Mahdalena 2021).

Likewise, in recent years, the environmental issue has gained importance in various debates, presentations, forums, and conferences, such as the United Nations Conference on Sustainable Development held in 2002 in Johannesburg and the United Nations Conference on Sustainable Development. of Rio de Janeiro in 2012, as well as in the decision-making process in many parts of the planet (Sanmartín, Zhigue, and Alaña 2017).

In this sense, many companies now use environmental issues to attract public interest, improve the company's image, and meet the demands of the government and customers, which generates competitive advantages (Windiana, Mazwan, and Mahdalena 2021). One of the ways is to implement green marketing, known as environmental or sustainable marketing, as a marketing strategy because it encompasses a wide variety of actions that range from product alteration to customer service modifications. By way of packaging design and promotion, the manufacturing process reflects the company's responsibility to the environment to meet the needs and desires of product consumers and the organization's sustainability (Rajput et al. 2022).

The biggest problems currently facing countries world are environmental pollution and impacts due to the amount of waste generated daily. The inadequate final disposal of these, the problematic and complex reality of voluntary collectors, and the lack of strategies to encourage recycling and climate change have become the main discussion points on government agendas (Sanmartín, Zhigue, and Alaña 2017). All this is because poor waste management affects the health, productivity, and cleanliness of communities, pollutes bodies of water, obstructs drains, causes flooding, and transmits diseases that affect economic development (World Bank Group 2018).

Several organizations have deployed actions to mitigate the problem of environmental pollution. Where the key points are the recycling of waste to be incorporated back into the processes, generating the minimization of raw materials or their conversion into new value-added products, the use of cleaner energies, causing economic and social prosperity, protecting the environment, thus facilitating sustainable development, and encouraging what is now known as the Circular Economy (Prieto-Sandoval et al. 2017).

The Circular Economy (CE) emerges as a paradigm that seeks more responsible production and consumption patterns. It is considered an economic system that replaces the concept of the life cycle from "cradle to grave" with reduction, reuse, recycling, as well as recovery of materials in the processes of production, distribution, and consumption in companies, achieve environmental quality, change from a linear model to a cyclical model, generating social equity and economic prosperity, for the benefit of current and future generations (Negrete-Cardoso et al. 2022).

On the other hand, the analysis of scientific production constitutes a fundamental part of research processes since it offers a starting point to determine and classify knowledge production in a specific area or subject and its relationship with the environment in which it is studied, which are generated (Jaimes 2020). Under this premise, the bibliometric analysis technique is constituted as a tool to discover trends in the performance of articles and journals, collaboration patterns, explore the intellectual structure of a specific domain in the existing literature, provide information on the results of process research, taking into account indicators of volume, trend, visibility, impact and analysis structures (Jaimes 2020; Naveen et al. 2021).
This bibliometric analysis technique was used for the first time in Spain in the 1960s and has grown as a methodology to measure scientific activity since it allows evaluating and analyzing. The development of the study areas, the most productive authors, and the most research lines, among other variables, help decipher and

map cumulative scientific knowledge and evolutionary nuances of well-established fields by rigorously making sense of large volumes of unstructured data (Franco et al. 2016; Naveen et al. 2021).

For the above, this work aims to identify existing information and knowledge and fill the gap in bibliometric studies related to marketing strategies and their approach to waste, considering these concepts as technical words recognized at the international level. Universal, so the present contribution can be used by anyone globally. The article was organized in the following sections: a) presentation of the methodology (section 2); b) results and discussion (section 3), which includes the descriptive analysis (Section 3.1) and the conceptual and intellectual structure (section 3.2); c) conclusions and future lines of research (section 4).

2. Methodology

In the international and national research related to marketing strategies and urban solid waste, a descriptive analysis was carried out using bibliometric techniques that allow quantitative analysis of information from written sources in these two areas.

For this research, the literature review consisted of searching for information from the SCOPUS database, the largest database of abstracts and citations of peer-reviewed literature: scientific journals, books, and proceedings of conferences. SCOPUS introduces intelligent tools to track, analyze, and visualize research by offering a comprehensive overview of global research output in science, technology, medicine, social sciences, and the arts and humanities.

It is essential to point out that in a first search. Who considered the universally used keywords and commands: ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS ("marketing strategies") AND ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS ("solid waste"). However, the search returned only 14 documents.

Subsequently, what carried out a second search with the following commands: ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS ("marketing strategy *") AND ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS (" waste "), in which who obtained 120 documents and of these the 14 of the first search, so the analysis started from these.

The resulting file is for processing with completion .bib and .csv showed 120 documents from 313 authors, from 103 sources that ranged from articles, session documents, books, and conferences, among others, in a selected period that covers the year 1977 to 2021. It is essential to highlight that the space of time to study derived from the year of the first publication related to the topic of marketing strategies and waste (1977) to the present.

Upload and display database files with termination .bib and .csv, which allowed the analysis of information through tables and graphs that show the relevance of the results.

During the first stage, the information analysis included a descriptive study where the following were identified: the annual scientific production, the most relevant sources, and leaders in terms of marketing strategies and waste, among others. The second stage analyzed conceptual and intellectual structure; the first was developed to identify the main themes and concepts in which research has been deepened. The results were filtered by 50 keywords that appeared most frequently in the abstract articles and the 25 words that make up the co-occurrence network, which allowed establishing relationships between them and studying two topics of this research.

The analysis of similar research was based on the co-citation of authors to identify the studies by the same author and the authors who have related works and collaboration between them; 25 nodes were selected, representing the network of co-cited authors that appear together in 25 articles selected from the database.

3. Results and discussion

3.1 Descriptive Analysis

The analysis yielded 120 documents published in the period 1977 to 2021, the period in which the first publication on marketing and waste strategies was given. Figure 1 shows that the annual scientific production on the study topics has grown considerably in the last ten years because 70 of the 120 documents found have been published.

The type of documents examined, as can be seen in Table 1, were primarily articles (79) with 65%, followed by session documents (16) with 13%, and reviews (9) with 7.5%. The above indicates that in 44 years of searching for marketing strategies and waste, only 120 documents written by 313 authors are found. Based on the above, the results show no link between these two areas, so they are being developed in isolation; this research offers an opportunity to work on marketing strategies for waste recycling and that these are competitive within the circular economy framework.

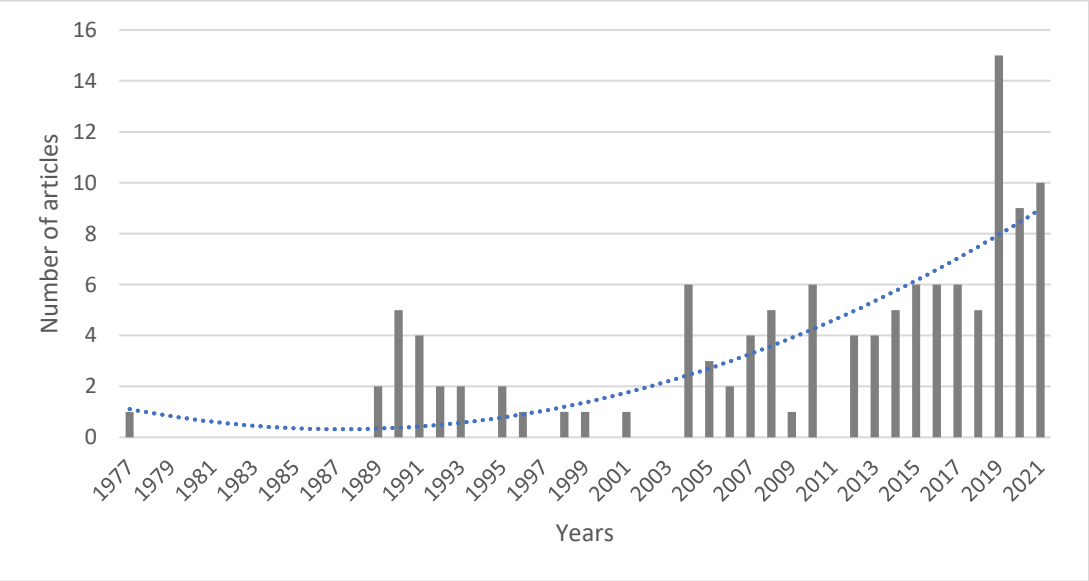
Table 1 General information and main types of documents found in the bibliometric analysis

Documents found	120	
Space of time	1977-2021 (44 years)	
Sources	103	
Authors	313	
document types	Percentage	Amount
Articles	65%	79
session documents	13%	16
reviews	7.5%	9
Chapters of books	7%	8
conference review	2.5%	3
Books	2%	2
short surveys	2%	2
Grades	1%	1

Source: Own elaboration based on SCOPUS.

What considered the analysis, various sources of information, where to trend in terms of scientific production 2012, increasing between 2019 and 2021, where 2019 year with the most publications (15)

Fig. 1 Annual scientific production in marketing and waste strategies in 1977-2021



Source: Own elaboration based on SCOPUS.

The evolution of the results obtained and the growth of scientific production in a period of forty-four years obeys a polynomial equation of the order of 6,

$$y = 1e^{-7} x^{6} - 2e^{-5} x^{5} + 0.001x^{4} - 0.0277 x^{3} + 0.3554x^{2} - 1.814x + 2.6435$$

with the R^2 value of 0.7071. It is important to mention that to find this equation. An adjustment was made starting from an equation of degree two to six because those of lower order did not represent a good predictive behavior. The sixth order equation, the value of correlation (R2), despite being higher, did not have a projection for the years 2030 and 2050, for example, 2030 with the fulfillment SDGs 2030 Agenda. If the correlation factor tends to be unity, it indicates that the model represents the predictions of the marketing strategies and residues for those years.

Interest on the part of the academic community in the issues of marketing and waste strategies began in 1977, the same year that the declaration of Tbilisi, Georgia, was celebrated by the Intergovernmental Conference on Environmental Education organized by UNESCO in cooperation with the United Nations Environment Program (UNEP). It proposed the incorporation of Environmental Education into educational systems. That was a consequence United Nations Conference on the environment, better known as the First Earth Summit, held in 1972, which established the measures and strategies to be adopted by the different commercial and industrial sectors. The non-governmental organizations and other civil society sectors should reach agreements concerning caring for the environment and social sphere, specifically in waste management and sustainable production (Marcano 2009; Sánchez 2014; Klarin 2018).

The previous arises as a complement to what was mentioned by Monteiro et al. (2015), who note that ecological awareness began in the early 1970 when environmental problems began to have more relevance and great social understanding for caring more for the environment; leading to a significant change in attitude in society. What became an excellent opportunity for the different brands and companies to become the agents of change claimed by the world. Environmental marketing begins due to the growing concern about the negative impact of consumption patterns and the impact of economic and population growth on the environment, and on the needs of consumers to purchase organic products.

Graph 1 shows that years after 1977, there were no publication issues until 1991, and this rise in publications occurred as a result 1983 Assembly of the United Nations with the creation of the World Commission on Environment and Development (CMED). In 1987 presented, it is "Brundtland" report, in which the issue of sustainable development is exposed, defined as the type of development that "satisfies the needs of the current generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs." Since what already raised the relationship between environmental, social, and political factors, green marketing began to take on more importance in the different countries. (Ayelen 2017; Klarin 2018).

According to Monteiro et al. (2015), within the evolution of green marketing as a strategy for the commercialization of organic products, in the years 1960-1970, environmental concerns were a phenomenon with local characteristics, while in the years 1980-1990, the phenomenon acquired a more holistic dimension, generalizing and becoming global, where the strategies were based on the reduction of pollutants, which involved improving technologies, more sustainable processes and the recycling of waste mainly.

Based on the previous in 1992, the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), known as the Rio de Janeiro Earth Summit, approved three important agreements, the ones most related to the study topics of this research, Program 21, global action to promote sustainable development and the Rio Declaration on Environment and Development. That defines the rights and duties of States because they have within their objectives to achieve the correct management of waste, which could also be antecedent to the existing publications in those years, in which the concept of green marketing continued to gain popularity to the point that by the end of the '90s what already distinguished three phases differently from this type of marketing (Ayelen 2017; Klarin 2018).

According to Sánchez (2014), these three phases of green marketing have been, in the first place, the ecological green marketing that had its beginnings in the '70s. Relates that all companies' marketing activities aim to solve

the environmental problems; the second phase, called environmental green marketing, was to use clean technology in the design of products that address the reduction of pollution and waste. The last phase consisted of sustainable green marketing, characterized by the most profound and most significant development of green marketing, where it opens the opportunity for consumption and production based on the protection of natural resources. The consumer is aware of the environmental impact that it can generate, which shows the increase in recent studies related to marketing strategies and their relationship with marketing and waste (Rajput et al. 2022).

In 2003 and 2004, there was a decline in many publications on marketing and waste strategies; this could be due to the start of various economic recessions around the world and in terms of the environment. In those years, what focused the gaze on climate change, the greenhouse effect, and global warming, arising from the Kyoto Protocol, which aimed to reduce the emissions of six greenhouse gases that cause global warming (BBC News 2020).

In addition above, in 2009, the number of publications related to a lack of resources worldwide, specifically in the United States, the country with the highest production on strategies issues. Of marketing and waste, due to what happened with the economic recession that existed in that year, where the Gross Domestic Product (GDP) fell by 2.9% and arose from the collapse of the real estate market in the United States due to the financial crisis of 2007- 2008 and that according to BBC News (2020) for the International Monetary Fund (IMF), it was the most severe economic and financial collapse since the Great Depression of the 1930s (Calixto 2016).

In turn, in 2015, the UN General Assembly adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development, an action plan in favor of people, the planet, and prosperity, which sets out 17 Goals with 169 goals that encompass the economic, social, and environmental spheres and that will govern global development programs for the next 15 years (UN 2022).

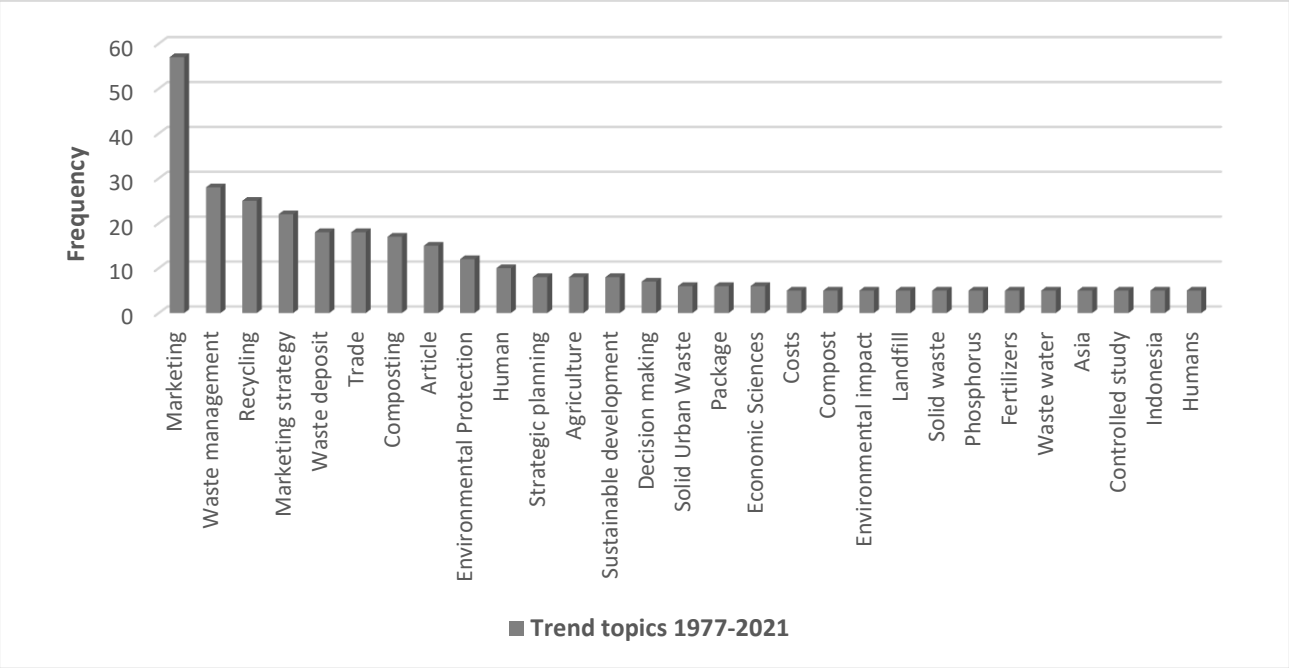
Specifically, in it is objective 12, entitled "Responsible production and consumption," reference is made to the waste part, where the following objectives are made: By 2030, achieve sustainable management and efficient use of natural resources (goal 12.2); by 2020, achieve the environmentally sound management of chemicals and all waste throughout their life cycle, by agreed international frameworks, and significantly reduce their release to air, water and land to minimize its adverse effects on human health and the environment (goal 12.4); by 2030, substantially reduce waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse activities (target 12.5) and encourage companies to adopt sustainable practices and incorporate sustainability information into their reporting cycle (target 12.6), (UN 2022).

The goals set forth above cover the years from 2015 to 2021, a time in which an upturn in publications was observed, or that the peaks in the graphs remained on the rise (increase by 150%) where who published 57 documents, that is, almost half of the universe found in the study, which indicates that the results of this 2030 Agenda are beginning to bear fruit in terms of studies related to the topics evaluated in this article, specifically to the matter of waste, since interest in these and in more responsible consumption is increasing, which goes hand in hand with a correct marketing strategy for companies.

The fact that in recent years the concept of Circular Economy (CE) has begun to have a significant peak, defined according to Kirchherr, Reike, and Hekkert (2017); as an economic system that replaces the concept of the life cycle with the reduction, reuse, recycling as well as recovery of materials in the processes of production, distribution, consumption; it operates at the micro (products, companies, consumers), micro (eco-industrial parks) and macro (city, region, nation) levels.

The previous, to achieve sustainable development, achieve environmental quality, economic prosperity, and social equity for the benefit of current and future generations; enabling new business models and responsible consumers, which goes hand in hand with strategies and green marketing.

Fig. 2 Comparison of trend topics in the period 1977-2021



Source: Own elaboration based on SCOPUS.

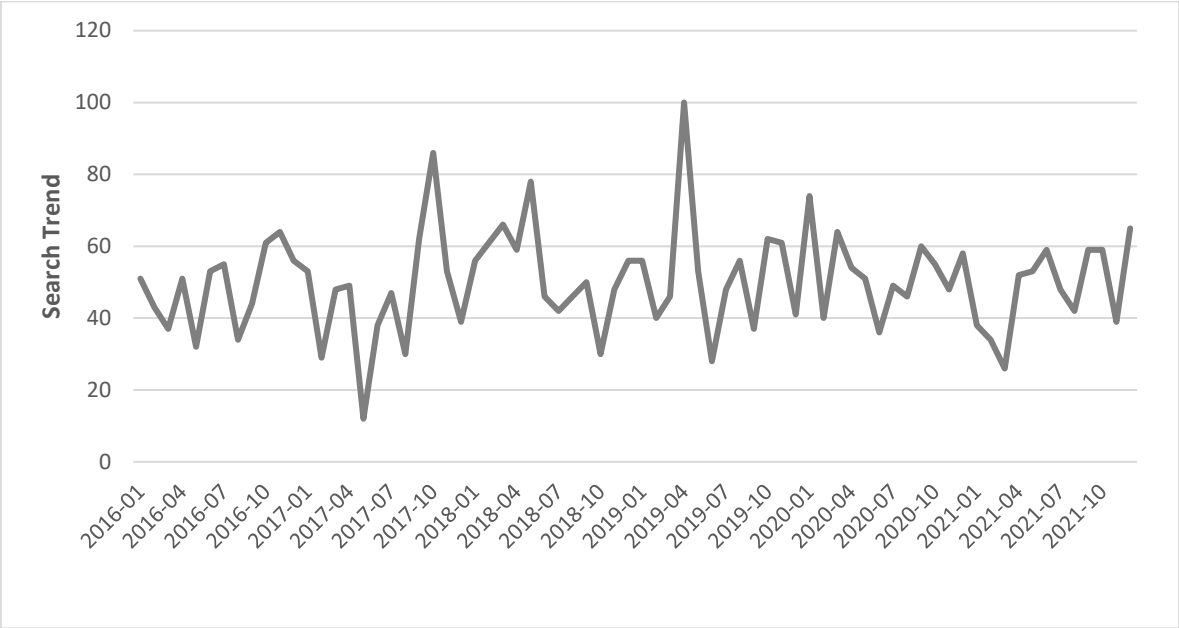
Finally, graph 1 shows that in 2019 the publications increased to the point of tripling that of the previous years; this could be due to two leading causes, the first, according to Donner and Radic (2021) and Wandosell et al. (2021). The topic of CE in recent years has been gaining more importance in research in different countries, especially in Europe, in which more emphasis is being placed on the transition to the circular economic model, which is a crucial issue to consider to meet the Sustainable Development Goals. From a linear economy to a circular one, new business models are needed to adapt their resources and management capacities and link technological and organizational innovation. Those new circular business models combine business value creation with resource efficiency strategies by slowing down and shutting down resource flows.

Likewise, the second factor may be due to the trending topics and their evolution in recent years; for example, in Figure 2, the attention has been maintained on marketing and the marketing strategies applied to the market. Recycling, and waste management, serve as the basis for decision-making in companies seeking sustainable development that involves the environmental, social, economic, and institutional spheres.

In turn, according to Google Trends, in the analysis of search trends in the period 2016-2021, it is observed in figure 3 that year 2019, especially in the month of April, carried out more searches; around the issue of waste, which verifies why in that year the publications tripled.

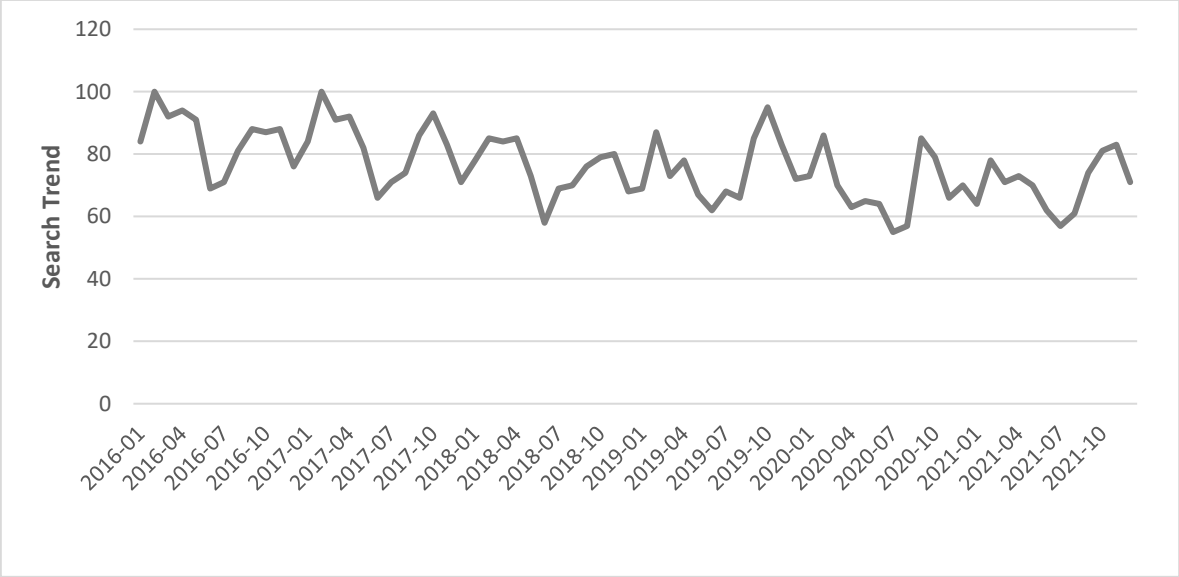
Regarding green marketing and circular economy, it is observed in figures 4 and 5, respectively, the year 2019 coincided in being the second peak more searches were carried out on this topic, and for the circular economy, years 2019, 2020, and 2021. It is essential to highlight the importance of the year 2019 in developing research on the topics of study of this project.

Fig. 3 Waste trend analysis in the 2016-2021 period



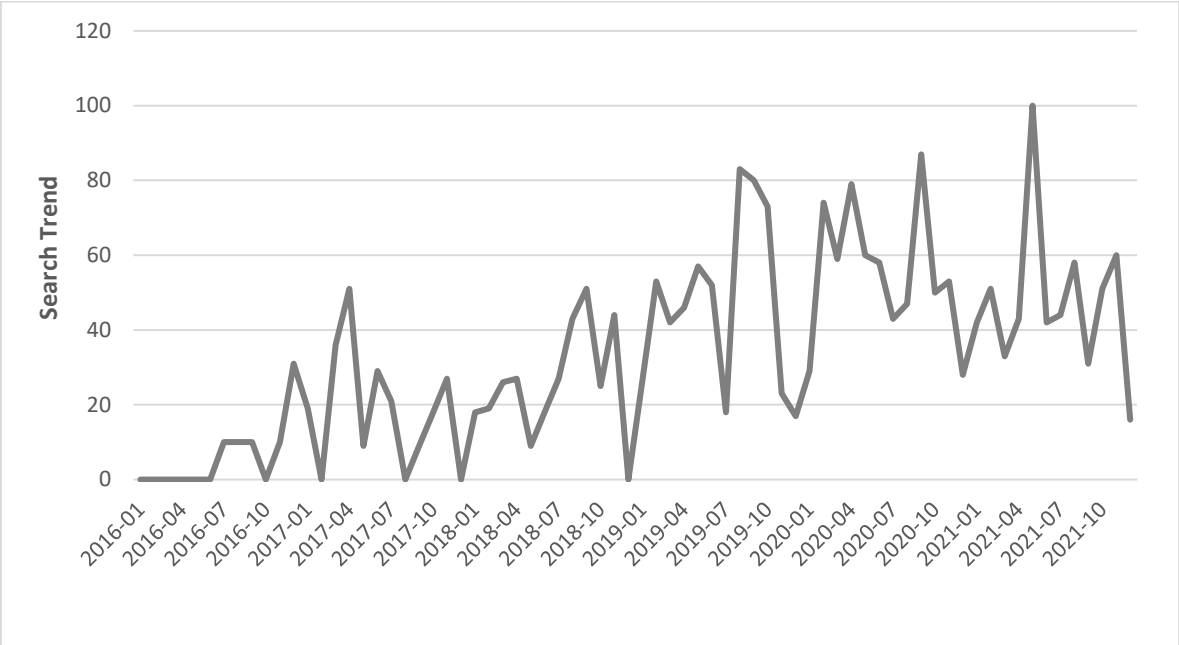
Source: Own elaboration from Google Trends.

Fig. 4 Green Marketing trend analysis in the 2016-2021 period



Source: Own elaboration from Google Trends.

Fig. 5 Circular Economy trend analysis in the 2016-2021 period



Source: Own elaboration from Google Trends.

On the other hand, reviewing the publications of that year, it can be seen that the article published by Calvo-Porral (2019) entitled " The role of marketing in reducing climate change: An approach to the sustainable marketing orientation " has as its primary objective the examination of some compelling examples of companies that are developing actual marketing actions to reduce climate change, with the strategy of slow food and slow fashion, where the first is based on small-scale food production using everything that is produced locally, subtracting emissions from transport, production and cultivation, and the second where fashion products are made slowly and in small quantities, reducing the consumption of natural resources and the amount of waste and emphasizing the quality of the product through a slower production and consumption cycle. Likewise, another strategy is to reduce waste in restaurants by donating food that remains at the end of the day, or in the case of clothing production stores in Patagonia, when the jacket reaches the end of its life cycle, the company offers customers the possibility of taking it back to recycle it and turn it into a product of equal value.

According to Anon (2020), 2019 was the second warmest year on record, where the annual global temperature in that year was 1.1 degrees Celsius higher than the 1850-1900 average; used to represent pre-industrial conditions for so the study of strategies to combat the effects of pollution and its consequences on climate change were on the rise. Coupled with the 2030 agenda, in which it is objective 13, "climate action" will directly incorporate measures related to climate change in national policies, strategies, and plans, which is why it was possible to increase publications and studies related to process, waste and the environment in general.

CE represents a strategy in the green economic recovery in the face of the pandemic due to the outbreak of the COVID-19 disease caused by the SARS-CoV-2 coronavirus worldwide, which had a substantial impact on industrial, commercial, and social activity. Although social confinement has led to better air quality conditions in various cities worldwide, contributing to SDG 13, production and consumption dynamics still require a shift towards adaptation and resilience in a post-COVID-19 era. aimed at CD (Negrete et al. 2022).

A large amount of health and plastic waste derived from the pandemic added to factors such as the current development model and production and consumption patterns. The design of efficient strategies for a sustainable and inclusive management system guarantees the safe disposal of waste and avoids adverse effects on health and the environment; the global challenges that currently exist and in which it is necessary to study and deepen more are represented (Gutiérrez 2021).

In the analysis of the other publications of the year 2019, it has been found that they coincide in carrying within the title "green marketing," "sustainable products," "recycling," "marketing strategies," "social networks," and "awareness and perception," which confirms what was mentioned. Such above trends, topics, and objectives have been emphasized the most in recent years, and with the current era of information technologies and communication, specifically through social networks.

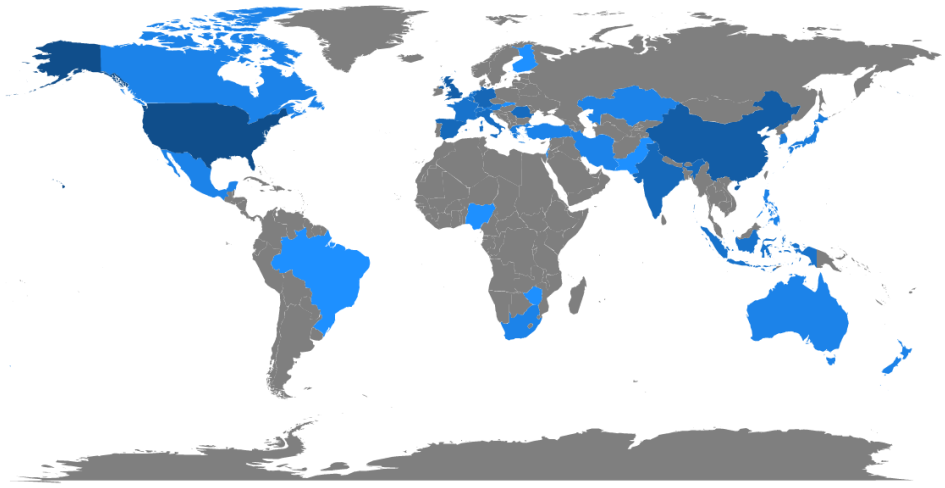
According to Pastorino (2021), Green Marketing provides new tools to modify the behavior of companies regarding their environment and their transition toward a sustainable model. There are many media, with social networks being the most important, which serve as a communication strategy that allows for building trust, strengthening corporate reputation, and serving as support for the Social Responsibility policies of a company. The interested parties or stakeholders ultimately have the responsibility to demand, pressure, and obtain from the organizations the alternatives that accompany their desires to achieve a sustainable development model.

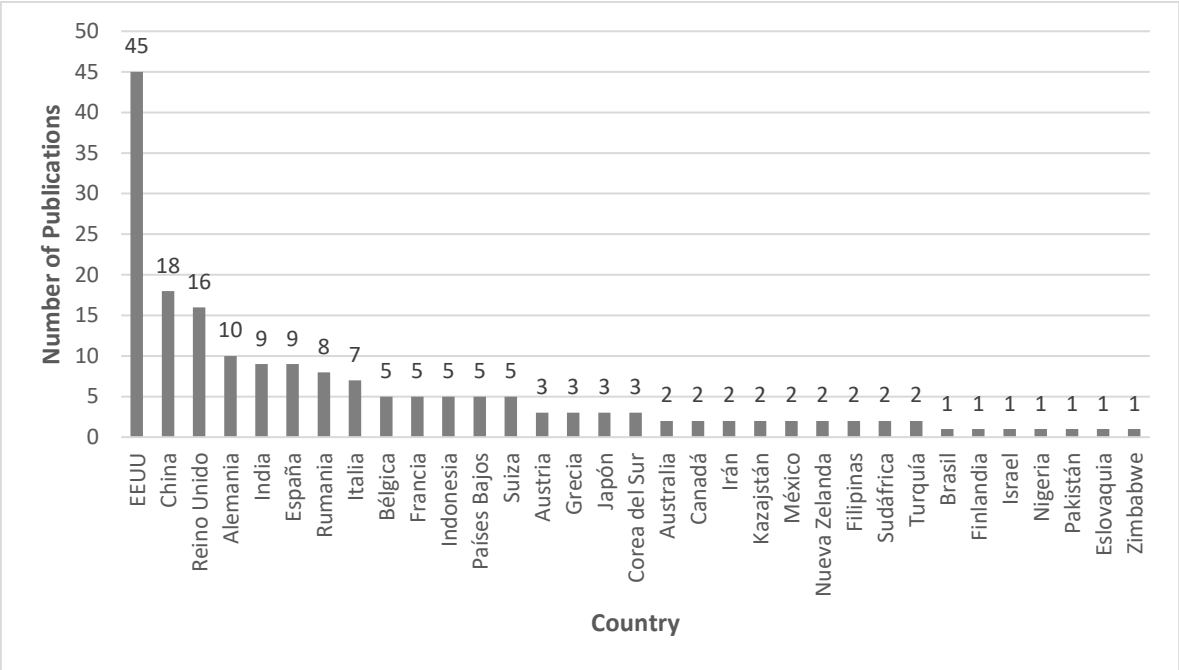
The countries with the most excellent scientific production, analysis reveals that 120 documents studied from the database, 33 countries have contributed to the production of research in terms of marketing strategies and residues in the period from 1977-to 2021. The top five countries are: the United States is the most productive country with 45 publications, followed by China with 18, the United Kingdom with 16, Germany with 10, and India with 9.

The analysis focused on the 20 countries with the highest scientific production globally, of which 11 belong to the European Union, representing 55%, followed by the Asian continent with six publications, corresponding to 30%. It is essential to mention the case of the United Kingdom; although it no longer belonged to the European Union since its departure on January 31, 2020, it is among the three countries with the highest number of publications. Compared to the European and Asian continents, in the American continent, as part of the 20 countries studied, only the United States and Canada appear on the list with 45 and 2 publications, respectively, which indicates that although the United States is the country with more excellent scientific production, in this continent, in general, these issues are not being studied (Figure 6).

Mexico is in 22nd place, which indicates the lack of studies in the country related to the issue of marketing and waste strategies, which can be connected to what was mentioned by Castrejón (2018), which it is noted that the country in recent years has paid more attention to the study and importance of this area, primarily because of the benefits they represent for companies. In previous years, the business world's lack of refreshing ideas and budgets and, above all, the ignorance regarding what marketing is, marketing strategies, and what they are for have been the main reasons why Mexico was not emphasizing these issues.

Fig. 6 Top 20 countries with the highest scientific production on the issues of marketing strategies and waste (1977-2021)





Source: Own elaboration based on SCOPUS.

According to Mendivelso and Lobos (2019), the United States is the main generator of ideas and forms of work to develop markets and commercialization. It is the cradle and most significant exponent of today's marketing and commercialization theories. Therefore, the one with the most remarkable development of scientific production in this area. The American Marketing Association (AMA) brings together more than 30,000 members and is recognized as a world leader in the area; it is headquartered in Chicago and has members worldwide. However, it has been chaired mainly by members of the United States. To speak of leaders in the field, one must look again at the United States, where Professor Phil Kotler is recognized today as a proper marketing authority (Armstrong and Kotler 2013).

Likewise, according to de Kadt (2000), the interest in the United States waste began with four changes, which led to the promulgation of the solid waste management hierarchy as a public policy statement on a national scale. First, the policy at the national level began to be built with the approval of the Solid Waste Collection Law in 1965 (Rectified by the Law of Conservation and Recovery of Resources of 1970 and 1976), the National Environmental Policy Law, and the formation of the United States Environmental Protection Agency (EPA) in 1970. These reasons are why the United States can be considered to lead the list of countries with the most outstanding scientific production in the study topics: marketing strategies and waste.

On the other hand, as shown in Table 2, the systematic review of the literature highlights the academic interest of both the countries and the leading journals in marketing and waste strategies with the most significant number of published documents; Resources Conservation and Recycling with 7 published papers; Biocycle with 6 articles; Sustainability (Switzerland) with 4, followed by 10th International Multidisciplinary Scientific Geo conference and Expo Modern Management of Mine Producing Geology and Environment Protection SGEM 2010 and Amfiteatru economic with 2 articles published each. The other journals that are part of this universe of the 20 studied have only 1 published scientific paper.

Table 2 Leading journals in publications on marketing strategies and waste

Magazine	Published documents	Country of the Magazine
Resources Conservation and Recycling	7	Holland
Biocycle	6	USA
Sustainability	4	Swiss

10th International Multidisciplinary Scientific Geo conference and Expo - Modern Management of Mine Producing Geology and Environmental Protection SGEM 2010	2	Bulgaria
amphitheater economy	2	Romania

Source: Own elaboration based on SCOPUS.

Regarding the country of origin of the journals with the most significant impact on the subject, Resources Dutch Conservation and Recycling, American Biocycle, Sustainability being a journal of Swiss origin, the 10th International Multidisciplinary Scientific Geo conference and Expo - Modern Management of Mine Producing Geology and Environment Protection SGEM 2010 held in Bulgaria. Finally, the Amfiteatru economic of Romania, so it is clear that European countries continue to be the most significant power and those with the most publications in marketing strategies and their relationship with waste.

The authors have studied the marketing and waste strategies sector; essential to highlight the top 20; those in the top 5 coincide and have published 2 articles each; these authors are Mechthild, Donner of French nationality, Gareth Edwards-Jones of British nationality, Grasso, M, American, Corina Anamaria Romanian Ioan, and Australian David L. Jones. From what we can see in Table 3 the majority are European, which coincides with the countries with the most scientific production.

Table 3 Leading authors on marketing strategies and residues (1977-2021)

Author	Number of posts	Year	Nationality
Mechthild, Donner	2	2020/2021	French
Gareth Edwards Jones	2	2007	British
Grasso, M.	2	1995/1996	American
Corina Anamaria Ioan	2	2015	Romanian
David L Jones	2	2007	Australian

Source: Own elaboration based on SCOPUS.

The article was written in 2021 by Mechthild, Donner, and Ivana Radic, titled “Innovative circular business models in the olive oil sector for sustainability Mediterranean agri-food systems," aims to investigate and analyze the drivers and characteristics of circular business models that convert olive waste and by-products into new value-added products. It is shown that companies make this their main activity, specializing in this field. However, valorization can also ideally be a secondary activity for olive oil producers, where residues and by-products of the olive become low-cost products. Added value (bioenergy or fertilizers), but several initiatives successfully commercialize high added value products (for example, extracts for cosmetics and Kraft products based on olive wood).

According to Donner and Radic (2021), it is essential to consider the strong relationship between waste recovery and the marketing strategies applied for these value-added products. The method implemented in the study focused on defining the business model or business strategy. To follow (SWOT, Ansoff Matrix, Osterwalder and Pigneur 's Canvas Business Model, and Porter's Five Forces, among others) as well as links or associations with other companies (strategic allies), to later define the type of client "Business to Business" (B2B) or "Business to Consumer " (B2C) and the required distribution and communication channels, which is carried out through company websites, traditional media, and social networks, and by participating in trade fairs.

The American Grasso, M. wrote the article, in 1996 entitled " Recycling fabric waste the challenging industry " conducted a study to determine the attitudes of sewn product manufacturers towards market acceptance of recycling waste-reducing fabrics in new products. The results show that the four most robust barriers to incentivizing recycling are lack of market, lack of technology, lack of equipment, and lack of consumer awareness. However, marketing strategies are to be implemented, starting with the search for a new market, distribution channels, pricing in low-end and cooperative advertising, promotion in trade shows, direct point-of-purchase sales, and advertising in trade publications.

Finally, an article was written by the Romanian Corina Anamaria Ioan, Dumitru Filipeanu, and Luca, FA, in 2015 titled “The recycling of materials green marketing strategy to the need for sustainable development in contemporary society " aims to carry out an analysis of how to approach green marketing and selective waste collection activity in Romania. Currently, a marketing strategy is not developed in terms of waste management in the country, where recycling is a viable, profitable solution. It is necessary to create institutions dedicated exclusively to their direction; they must have the experience and methodology to quantify them and the resources to establish a specific policy.

According to Donner and Radic (2021), one of the topics that are currently booming is the Circular Economy (CE), which can contribute to reducing the amount of waste generated through the recovery and added value of these. relying on recycling and the change to more sustainable and efficient production and consumption patterns. The circular economy has been promoted throughout the world for a few years and is based on the principle of resources, materials, and energy, recycling and reusing products and components, and reducing waste to a minimum. It is considered a new and alternative way of reconciling economic growth with natural resources and developing sustainable economic systems, but with a narrow focus on economic and environmental dimensions (Morseletto 2021).

Therefore, based on the above and what Moraga et al. (2019) mentioned, countries on the European and Asian continent have advanced in implementing the Circular Economy in recent years; China in, 2008, a specific Law on Circular Economic was enacted. European Union approved its Action Plan for its implementation in 2015. It even proposed a monitoring framework to assess the progress transition, which was complemented by the creation of the "New Circular Economy Action Plan" in 2020, whose objective is to accelerate the growth of this type of economy, which leads to confirm the interest of these countries and authors on the issue of implementing strategies on waste (Testa, lovino and Iraldo 2020).

On the other hand, as shown in Table 4, the most frequently cited works considered what identified those with the most significant impact in the field of study. From a total of 120 documents examined from 103 sources and 313 authors, the 10 most cited works were selected, among which "Biodiesel production in Europe and North America and encouraging prospect ” written by W.Körbitz in the year 1999, followed by 98 citations by " Why I hate Abercrombie & Fitch: Essays on race and sexuality ” by McBride, D published in 2005, and in third place with 76 citations “Individual strategies for sustainability consumption ” by McDonald S., Oates CJ, Alevizou PJ, Young CW, and Hwang K. published in 2012.

Likewise, among the most cited countries, the ones that lead are the United States, the United Kingdom, Austria, Germany, and Italy, revealing that the first two countries continue to be the ones that occupy the first and second place, respectively, in all the categories studied up to now moment. Likewise, once again, it is stated that European countries and the United States are the most powerful in studying marketing and waste strategies.

Table 4 Most cited documents and countries (1977-2021)

Document		Source	Total Citations	CT per year
Korbitz, W.	1999	renewable Energy (UK)	248	11
McBride, D.	2005	Department of African American Studies, the University of Illinois at Chicago	95	6
McDonald, S.	2012	Journal of Marketing Management (United States)	76	8
Dahlin, J.	2015	Resources, Conservation and Recycling (Netherlands)	74	11
Harris-Lovett, SR	2015	Environment Science & Technology (United States)	71	10
Cordella, M.	2008	The International Journal of Life Cycle Assessment (Germany)	69	5
Meee, N.	2004	Resources, Conservation and Recycling (Netherlands)	69	4
Kamble, SS	2019	Journal of Retailing and Consumer Services (United States)	54	18

Zurbrügg, C.	2005	Resources, Conservation and Recycling (Netherlands)	52	3
Fuller, DA	2004	Journal of Business Research (United States)	42	2

Most Cited Countries	Number of citations
USA	434
United Kingdom	258
Austria	248
Germany	108
Italy	86

Source: Own elaboration based on SCOPUS.

3.2 Conceptual and intellectual analysis

The analysis of the following figures focused on the conceptual structure that determined the central themes and concepts in which scientific research has been deepened, identifying the network of co-occurrence and frequency of keywords.

For the search, the results were filtered by the keywords that appeared most frequently in the abstracts of the articles, with 50 terms examined, where the size of the words represents the frequency with which they appear in the abstracts and highlights the following five most relevant concepts: marketing (commercialization-marketing), waste management, recycling, marketing, and trade strategy (Figure 7).

Fig. 7 Most frequent words in the research abstracts (1977-2021)

Source: Own elaboration based on SCOPUS.

According to Hoyos (2015), marketing is related to waste management in the implementation of recycling or green marketing, in which the marketing of so-called green products must transcend: referring to the process and the product. Likewise, their relationship goes hand in hand, trying to solve the problem of recycling and reduce the amount of waste through its subsequent use as secondary raw materials and the prevention of generation in large quantities, where the solution to this problem is possible, with the application of the concept of environmental marketing by the producers of goods, commercial intermediaries and public authorities and the administration (Kuzio and Kosar 2020).

Likewise, one of the essential marketing tools is communication, that is, informing; even more so, when introducing new purchasing behaviors that affect the tastes and preferences of consumers, they must be educated (Hoyos 2015). According to Wandosell et al. (2021), communication supported by a good marketing strategy such as advertising generates a competitive advantage that increases the performance of companies, which need to promote their efforts through marketing strategies supported by communication technologies, information, and communication, where websites and social networks are becoming important issues in the business world.

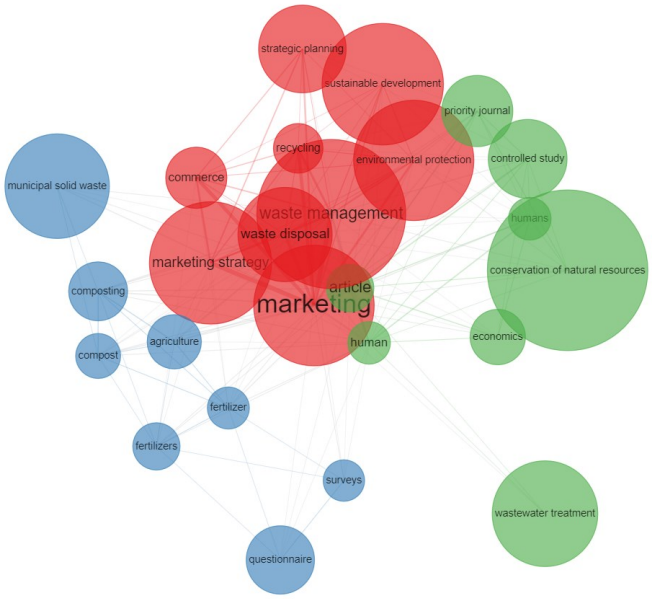
The contemporary challenge of sustainable development is a transition from the linear economy model to a circular economy, which represents an economic system based on commercial models that replace the concept of cradle to grave with something more cyclical, involving the reduction, alternative reuse, recycling and recovery of materials in the production/distribution and consumption processes. The relationship between waste management and recycling is in the circular economy, with the return of collected and recycled waste in the production cycle as valuable raw material (Klarin 2018).

On the other hand, for the search of the co-occurrence network, the results were filtered by the keywords that appeared most frequently in the investigations; which examined 25 terms, where the five most relevant concepts stand out: marketing, commercialization, waste management, waste deposit and sustainable development (Figure 8).

The diameter circles represent the frequency of keywords in abstracts, where those with the largest diameter represent the most researched topics. The thickness of the lines that connect the processes reveals the strength in which two issues are related, as is the case of marketing concepts with marketing strategies and waste management, which are strongly linked, three in turn with the theme of recycling. This is due to the strong relationship between the decrease in waste generation and its cyclical use, supported by marketing strategies that involve marketing (Donthu et al. 2021).

The foregoing is verified with what is mentioned by Tafadswa (2020) where an existing relationship between sustainable development and " green marketing " is established, which is perceived as the commitment of an organization with the development of safe and ecological goods and services through the use of biodegradable, recoverable materials, with efficient and profitable processes, better pollution prevention methods and a more efficient use of energy and that according to Vasile et al (2016) there are several reasons why the managers of the companies tend to adopt green marketing initiatives or consider it as a basis for their decision making, some of these are: it is an opportunity that generates social responsibility, allows them to strengthen the image of the company, exploit the opportunities created by-products or services ecological, obtain a competitive advantage, increasing the value provided to customers, which is also influenced by the precision of authorities and consumers and considerations of cost benefit.

Fig. 8 Most frequent keywords in research for the period 1977-2021 (co-occurrence network)

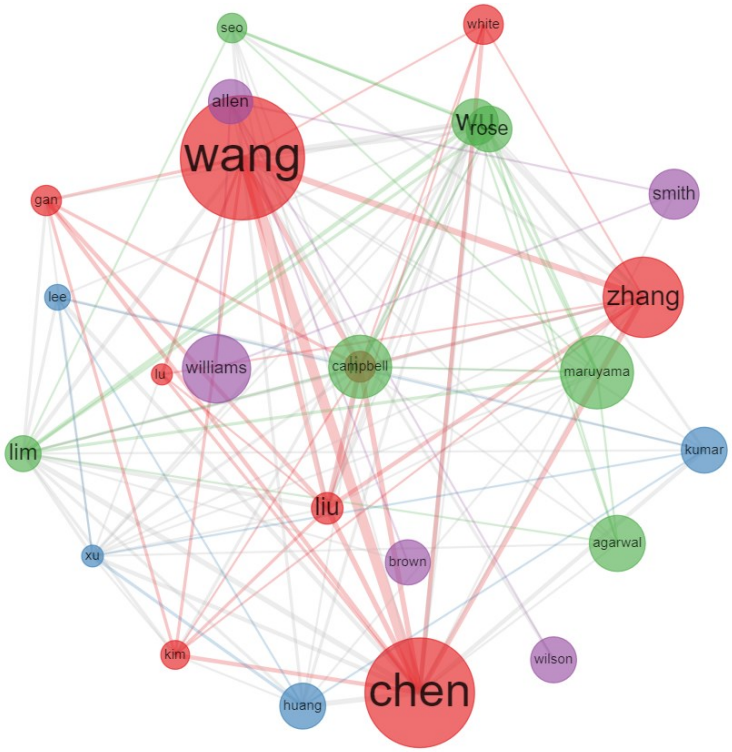


Source: Own elaboration based on SCOPUS.

According to Beyhan and Cetindamar (2011), studies by the same author represent a structure of knowledge, and authors who have related works are cited together. The network of co-citation of authors is established, which allows knowing the existing relationships and interactions between researchers and the line of research on which they focus. The size of nodes is proportional to the number of articles by the authors, and the thickness of the links is proportional to the number of co-authors; a thicker line between two authors indicates that they have published more co-authored documents (Urbizagástegui and Restrepo 2018).

Figure 9 shows 25 co-cited nodes representing the network of authors that appear together in the 25 articles selected from the database. Chen (China), Hwang (Korea), and Zhang (China) appear on the map as the authors with the most significant links to other authors, such as Liu (China), Lu (China), and White (British).

Fig. 9 Network of co-cited authors (1977-2021)



Source: Own elaboration based on SCOPUS.

The article written by Hwang et al. (2012) is a detailed understanding of how individuals approach the problem of greening, which reviewed the literature to examine the challenges that this typology offers to existing ways of thinking about the "green consumer" and identified who could influence practices in different groups through marketing strategies and political initiatives. For example, what identified three types of consumers; the first is known as translators, whose belief is to be better citizens, and their willingness to change means that if they know that an aspect of their consumption is problematic for the environment or others, they will probably change it. The strategy applied to this group does not seek how to persuade them to change their behavior but how to communicate the problems to them in the first place since they are highly passive in their search for information. Word of mouth and opinion leaders are critical sources of behavior change information for translators.

The other type of consumer is the exception, for whom sustainability is a priority in all aspects of their lives; they seek to change, which is why they see individual change and personal sacrifice as the key to safeguarding the planet for future generations, are the most active group in search of information. The third type is selective; this group is attracted or motivated by a single topic but is not interested in sustainability in an integral way (Hwang et al. 2012).

Based on the above and defining the type of consumers, the kind of strategy or the best way to approach the promotion of sustainable consumption can be determined, which may not be only through marketing, but through a combination of initiatives, marketing and policies.

Limiting the choice of available products through legislation will ensure these three groups' greener or more ethical choices; in turn, opinion leaders should be trained not as educators disseminating information on environmental issues but as communication strategists. Initiate conversations with friends and acquaintances, deliberately framing messages to make them more meaningful and persuasive to their recipients, leading us to the critical relationship between merchandising, marketing, waste, and recycling (Hwang et al. 2012, Kuzio and Kosar 2020).

Likewise, the objective article published by Chen et al. (2008) is to demonstrate how the ACT (Arts, Creativity, Technology) Media Lab in the Department of Graphic Communication Arts at the National Taiwan University of Arts (NTUA) used the digital files licensed from the Museum of World Religions (MWR) to develop cultural, educational and commercial merchandise in cooperation with two local manufacturers. The success of this project (model) has been used to promote the idea of using licensed digital content to create added value for museums. With the development of technology and commercial applications of digital archives, museums have more possibilities to reach the public. The project's success has attracted the attention of the digital content and creative culture industry both in Taiwan and abroad, which has highlighted the importance of good strategies in marketing and merchandising, emphasizing advertising as a tactic.

Finally, the article published by Zhang (2018) aims to understand the relationships between factors influencing the adoption and sustainability of wastewater-based resource recovery (RR) systems to information technology implementation strategies.

The results of Zhang's research (2018) showed that changing the behaviors of the community can be achieved through good marketing and social strategies; for example, the first strategy called "advertising frequency" aimed to influence the community. In the awareness stage of the adoption process, by increasing publicity; the second strategy called "Site Demonstrations" sought to influence and persuade the population by showing them the advantages and disadvantages of the new process compared to the previous one so that people's interest will increase and they would like to try it. The third strategy was social, called "increasing the power of stakeholders," whose objective was to increase the percentage of inhabitants who feel capable of contributing to decision-making on wastewater infrastructure so that they have the confidence to invest. In the project and finally, the fourth strategy, "Education level," aimed to increase the average level of understanding of wastewater treatment and the benefits of RR systems through public awareness campaigns so that in the operation and maintenance stage, people could still be involved and their preference would continue to be confirmed.

Therefore, based on those mentioned above, it is observed that these three authors coincide in the research related to marketing and waste strategies and that they belong to the Asian continent where, according to what was mentioned by Moraga et al. (2019), the circular economy has been promoted, especially in China, which also agrees that it is the second country with the highest scientific production on these issues. In the case of the articles written by Hwang (2012) and Zhang (2018) around resource recovery and greening or consumers in search of sustainable products, the strategies proposed in their models reflect the process of progressive adoption in which the effectiveness of the plan depends on the action of the previous phase, and that to achieve change or interest in consumers it is necessary first to study them, identify the client's profile, as well as their

goods and/or trending topics so that based on the objectives to be achieved can create the strategies and tactics to follow.

4. Conclusion

With the bibliometric analysis carried out, it is shown that there is no link between the areas of study of marketing strategies and waste, but that they are being developed in isolation, which this research offers a place of opportunity to work on marketing strategies, for the recycling of garbage and that these are competitive within the circular economy framework. In general, there is a lack of encouragement to study the issues of marketing strategies and waste as a whole. It has been shown during the present that one goes hand in hand. It is necessary to apply marketing with marketing strategies to recover and manage waste from objectives stipulated in the CE and the SGD.

Scientific production in the field of marketing and waste strategies has increased in the last ten years, with a significant increase of more than 200% in 2019. European countries and the United States lead with research on the matter, case the former is related to the inclusion of CE for the transition to this economic model, which is a crucial issue to consider to meet the Sustainable Development Goals. The case is the United States, as it is the cradle of environmental marketing and some institutions dedicated to protecting the environment, focusing within their specialties on the issue of waste, such as the EPA. Likewise, the rise in publications in recent years coincides with the results obtained with the adoption of the 2030 Agenda in 2015 and the scientific community's interest in paying international agreements toward sustainable development.

Among the leading magazines on waste and marketing strategies, the following stand out: Resources Conservation and Recycling, Biocycle and Sustainability, where they again lead the European countries with the most significant number of articles published on the subject of study of this article. It was observed that among the authors with the most important number of publications are Mechthild, Donner, Gareth Edwards-Jones, and Grasso, M., and in turn, the works with the most significant impact, that is, those most frequently cited worldwide: "Biodiesel production in Europe and North America, and encouraging prospect ” written by W.Körbitz and “ Why I hate Abercrombie & Fitch: Essays on race and sexuality ” by McBride, D, both related to waste management and recovery supported by marketing strategies.

The analysis of the conceptual structure highlights the network of co-occurrence and frequency of words in the summaries of the investigations where they coincide: marketing (commercialization-marketing), waste management, recycling, marketing strategy, and sustainable development, in which the strength in which waste management is related, which involves recycling, is denoted as a tactic to achieve sustainable development, which goes hand in hand with the correct marketing strategy to be applied, and which in turn, despite not standing out infrequent words, it has a close relationship with CE, which has been a relevant topic in which scientific research has deepened in recent years, which has been reflected in the trending topics.

Finally, the intellectual analysis identified the schools of thought, highlighting authors such as Chen, Wang, and Zhang from the Asian continent, who appear as the authors with the most incredible connection with others, such as Liu, Lu, and White, the latter being European.
Among the research limitations, it is found that what focused the information search on the Scopus database and some Google Scholar articles. Therefore, it is suggested to include other databases such as Web of Science for future research, as well as to broaden the search considering the keywords “circular economy," "waste valorization," and " green marketing" to detail more about the relationship between these issues and further encourage their study or, where appropriate, find existing niches that lead to the answer of why in a long period few studies have been published on this matter (commercialization strategies and residues).

5. References

Anon J (2020) Climate change: the year 2019 is the second warmest on record after 2016. United Nations. https://news.un.org/en/story/2020/01/1468012

Arechavaleta Vázquez EF (2015) Marketing strategies. In Ramírez-Ortiz, ME (Ed.). Innovation Trends in Engineering Food. 169-195. http://dx.doi.org/10.3926/oms.292

Armstrong G and Kotler P (2013) Fundamentals of Marketing. Pearson education. https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14584/mod_resource/content/1/Fundamentos%20del%20Marketing-Kotler.pdf. Accessed 16 April 2022

Ayelen Hollmann M (2017) Historical construction of the current concept of sustainable development. Background of socioeconomic and environmental problems. Administrative Sciences, 5(10). http://revistas.unlp.edu.ar/CADM

BBC News (2020) The 14 recessions of the last 150 years (and why the coronavirus would be the fourth-worst). https://www.bbc.com/world/news-53303499. Accessed 06 February 2022

Beyhan B, Cetindamar D (2011) No escape from the dominant theories: The analysis of intellectual pillars of technology management in developing countries. Technological Forecasting & Social Change, (78) 103-115. 10.1016/j.techfore.2010.10.001

Calixto M (2016) Eight years have passed since the Great Recession. The Economist. https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Se-cumplieron-ocho-anos-de-la-gran-recesion-20160914-0137.html. Accessed 08 February 2022

Calvo-Porral C (2019) The Role of Marketing in Reducing Climate Change: An Approach to the Sustainable Marketing Orientation. Climate Change and Global Development. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02662-2_13

Castrejon Mata C (2018) Reflections of market research in Mexico: Growth and investment. Trama Magazine, 7(2) 119-128. https://doi.org/10.18845/tramarcsh.v7i2.3944

Cheng HW, Hsieh YC, Chen CC (2008) Cultural, educational, and commercial applications of digital archives. Archiving 2008-Final Program and Proceedings, 264-271.

Corina AI, Dumitru F, Luca FA (2015) The Recycling of Materials - From Green Marketing Strategy to the Need for Sustainable Development in Contemporary Society. Key Engineering Materials, (660) 262-267. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.660.262

Donner M, Radic, I (2021) Innovative Circular Business Models in the Olive Oil Sector for Sustainable Mediterranean Agrifood Systems. Sustainability, (13). https://doi.org/10.3390/su13052588

Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM (2021) How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. Journal of Business Research, (133) 285-296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Franco-Paredes K, Díaz-Reséndiz FJ, Pineda-Lozano J, Hidalgo-Rasmussen CA (2016) Bibliometric analysis of scientific production of the Mexican Journal of Eating Disorders, 2010-2014. Mexican Journal of Eating Disorders, (7) 9-16. http://dx.doi.org/10.1016/j.rmta.2016.03.001

García Guiliany JE, Duran SE, Cardeño Pórtela E, Prieto Pulido R, García Cali E, Paz Marcano A (2017) Strategic planning process: Stages executed in small and medium-sized companies to optimize competitiveness. Spaces Magazine, 38 (52). https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2150

Grasso MM (1996) Fabric Waste Recycling: The Challenge Industry, The Journal of The textiles Institute, 87(1) 21-30. DOI: 10.1080/00405009608659099

Gutierrez Sanchez FO (2021) Post-pandemic challenges in solid waste management. CienciAmérica: Popular science magazine of the Indoamerica Technological University, 10(1) 11-23. http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i1.354

Hoyos Zavala A (2015) Implementation of marketing as a recycling tool. Journal Contributions to the Social Sciences. https://www.eumed.net/rev/cccss/2015/03/recycling.html

Hwang K, McDonald S, Oates CJ, Levizou PJ, Joven CG (2012) Individual strategies for sustainable consumption. Journal of Marketing Management, 28(3-4). https://doi.org/10.1080/0267257X.2012.658839

Jaimes Hernandez AF (2020) Bibliometric analysis from the information sciences and its relationship with sustainable development and industry 4.0 (2015-2020). [Bachelor's Thesis, La Salle University, Colombia]. https://ciencia.lasalle.edu.co/sistemas_informacion_documentacion/756/?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fsistemas_informacion_documentacion%2F756&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Kadt M (2000) America's solid waste management at a crossroads. Recycling in the production wheel. Environmental debates-Waste.

Kirchherr J, Reike D, Hekkert M (2017) Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling, (127) 221-232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005

Klarin Tomislav (2018) The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues. Zagreb International Review of Economics & Business, 21(1) 67-94. DOI: 10.2478/zireb-2018-0005.

Kuzio NO, Kosar NS (2020) Ecological marketing in the process of household waste management to provide sustainable development of Ukraine. Economics and Laws, 1 (56). https://doi.org/10.15407/econlaw.2020.01.087

Moraga G, Huysveld S, Mathieux F, Blengini GA, Alaerts L, Van Acker K, de Meester S, Dewulf J (2019) Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation & Recycling, 146 452-461. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045

Marcano JE (2009) Brief history of environmental education. Environmental Education in the Dominican Republic. https://jmarcano.com/educa/ea-historia/

Mendivelso Carrillo H, Lobos Robles F (2019) The evolution of marketing: a comprehensive approach. Chilean Journal of Economy and Society, 13(1). https://rches.utem.cl/articulos/la-evolucion-del-marketing-una-aproximacion-integral/

Naveen D, Satish K, Debmalya M, Nitesh P, Weng Marc L (2021) How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. Journal of Business Research, (133) 285-296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Monteiro TA, Giuliani AC, Cavazos-Arroyo J, Kassouf Pizzinatto N (2015) Green Marketing Mix: A Theoretical Perspective. CIMBAGE Notebooks, (17) 103-126. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46243484005

Morseletto P (2021) Targets for a circular economy. Resources, Conservation and Recycling, (153). doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553

Negrete-Cardoso M, Rosano-Ortega G, Álvarez-Aros EL, Tavera-Cortés ME, Vega- Lebrún CA and Sánchez-Ruíz FJ (2022) Circular Economy Strategy and Waste Management: A Bibliometric Analysis in Its

Contribution to Sustainable Development, Towards A Post COVID-19 Era. Environment Science and Pollution Research. 10.21203/rs.3.rs-629171/v1

Organization of the United Nations [UN] (2022) Sustainable Development Goals. https://www.un.org/sustainabledevelopment/en/sustainable-development-goals/. Accessed 09 March 2022

Pastorino H (2021) Social networks and green marketing. DiaryTi. https://diarioti.com/las-redes-sociales-y-el-marketing-verde/30498. Accessed 15 January 2022

Prieto Sandoval V, Jaca, C, Ormazabal M (2017) Circular economy: Relationship with the evolution of the concept of sustainability and strategies for its implementation. Engineering Research Report (15). http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308

Rajput, N, Sharma U, Kaur B, Rani P, Tongkackol K, Reddy Dornadula VH (2022) Current global green marketing standard: changing market and company branding. International Journal of System Assurance Engineering and Management. https://doi.org/10.1007/s13198-021-01604-y

Sanchez Castaneda J (2014) Contextualization and approaches in the study of pro-environmental or ecological behaviors with a view to profiling the green consumer. Sum of Businesses, 5(10), 34-39. https://www.academia.edu/11382482/Marketing_verde_KEYWORDS

Sanmartín Ramón GS, Zhigue Luna RA, Alaña Castillo TP (2017) Recycling: a niche for innovation and entrepreneurship with an environmental approach. University and Society, 9(1) 36-40. http://rus.ucf.edu.cu/

Tafadzwa Maziriri E (2020) Green packaging and green advertising as precursors of competitive advantage and business performance among manufacturing small and medium enterprises in South Africa. Cogent Business & Management, 7(1). https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1719586

Testa F, Iovino R, Iraldo F (2020) The circular economy and consumer behavior: The mediating role of information seeking in buying circular packaging. Business Strategy and the Environment, 1-14. DOI: 10.1002/bse.2587

Urbizagástegui Alvarado R, Restrepo Arango C (2018) The network of co-authors in bibliometrics Mexican. found Bibli: Electronic Journal of Library and Information Science, 23(51) 74-94. 10.5007/1518-2924.2018v23n51p74

Vasile DC, Macovei OI, Țuclea CE, Vlad LB (2016) Determinant Factors of Green Marketing Adoption in the Hospitality Sector. amphitheater Economics, 18(10), 862-874. https://www.researchgate.net/publication/309726581_Determinant_Factors_of_Green_Marketing_Adoption_in_the_Hospitality_Sector

Wandosell G, Parra – Meroño MC, Alcayde A, Baños R (2021) Green Packaging from Consumer and Business Perspectives. Sustainability, 13 (3). https://doi.org/10.3390/su13031356

Windiana L, Mazwan MZ, Mahdalena G (2021) Consumer Attitudes and Purchasing Interests of Coffee Shop which Implement Green Marketing and Non-Green Marketing in Malang, Indonesia. E3S Web of Conferences, 232 (02010). https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/08/e3sconf_iconard2020_02010.pdf. Accessed 25 February 2022

World Bank Group (2018) What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317. Accessed 17 March 2022

Zhang Q, Mohebbi S, Prouty C (2018) Socio-technical strategies and behavior change to increase the adoption and sustainability of wastewater resource recovery systems. Water Research, (138) 107-119. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.009

Statements and Declarations

Ethics approval and consent to participate

Not applicable

Consent for publication

Not applicable

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Competing interests

"The authors declare that they have no competing interests"

Funding

Departamento de Investigaciones, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Authors' contributions

All authors contributed to the study conception and design.

Conceptualization: [Shunashi Yectzin Aguilar Morales], [Genoveva Rosano Ortega], [Mariana Negrete Cardoso];

Methodology: [Shunashi Yectzin Aguilar Morales], [Mariana Negrete Cardoso];

Formal analysis and investigation: [Shunashi Yectzin Aguilar Morales]; [Genoveva Rosano Ortega], [Francisco Javier Sánchez Ruíz], [Laura Berenice Sánchez Baltasar];

Writing - original draft preparation: [Shunashi Yectzin Aguilar Morales];

Resources: [Genoveva Rosano Ortega];

Writting, Review and Editing: [Shunashi Yectzin Aguilar Morales], [Mariana Negrete Cardoso], [Genoveva Rosano Ortega]; [Francisco Javier Sánchez Ruíz], [Laura Berenice Sánchez Baltasar], [Carlos Arturo Vega Lebrun], [Pablo Samuel Schabes-Retchkiman];

All authors read and approved the final manuscript.

Authors' information (optional)

SYAM Circular Economy and Sustainable Development
MNC Circular Economy and Strategic Planning
GRO Environmental Impact
FJSR Sustainable Development
LBSB Marketing
CAVL Sustainable Business Management
PSSR Material characterization