

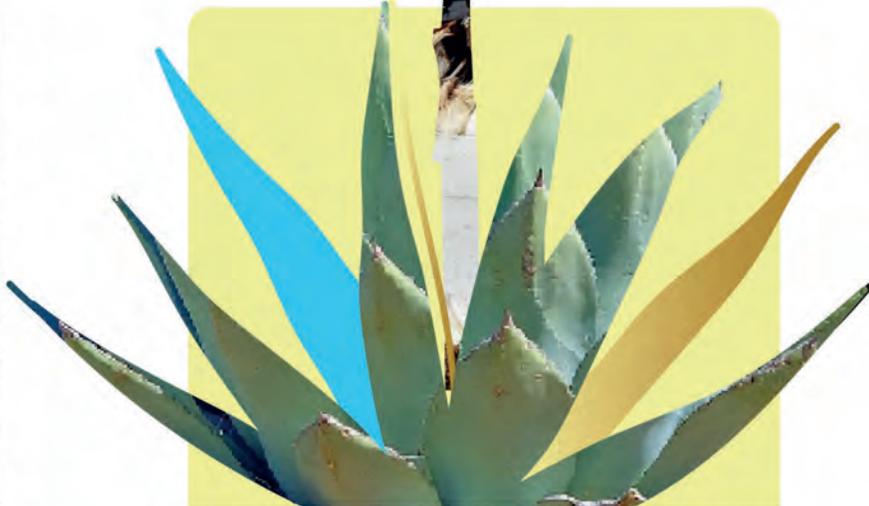
Memorias

17 al 20 de septiembre 2025

  UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

International
Symposium on Agave

VI ISA



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación







MEMORIAS 2025
VI International Symposium on Agave

Legado científico, económico, social y biocultural del agave

Contenido

Temática 1. Tendencias Científicas y Agroecológicas del Agave	23
Embriogénesis Somática Indirecta en <i>Agave maximiliana</i> Baker (I-O-01)	27
Advances and Challenges in Establishing an Agave Micropropagation Laboratory (I-O-02)	28
Evaluación de un Sistema de Inmersión Temporal como Plataforma para la Obtención de Metabolitos Secundarios De <i>Agave salmiana</i> (I-O-03)	29
Dissecting Late Embryogenesis Abundant Proteins of Agave (I-O-04)	30
Diversidad de Hongos Patógenos y No Patógenos Asociados a Hojas de Agave Mezcalero (<i>Agave</i> Spp.) en Regiones Productoras de Puebla (I-O-05)	31
Mejoramiento Genético de Agave para Bioenergía: Identificación de Marcadores para la Selección Temprana de Nuevos Cultivares (I-O-06)	32
Efecto de los Reguladores de Crecimiento en la Germinación de Agave (I-O-07)	33
Genotypic Variability in Dynamic Photosynthetic Responses in Two <i>Agave</i> Hybrids (I-O-08)	34
Aplicación de PgpB para Aumentar el Rendimiento y Azúcares en <i>Agave Tequilana</i> Weber: Un Estudio en Campo (I-O-09)	35
Análisis Comparativo del Efecto de Medio de Cultivo, Consistencia y Reguladores de Crecimiento Vegetal en el Desarrollo <i>In Vitro</i> de <i>A. Guiengola</i> (I-O-10)	36
El Potencial Embriogénico de <i>Agave Valenciana</i> (I-O-11)	37
First Field Trial Of <i>Agave</i> For Biofuels In The Brazilian Semi-Arid (I-O-12)	38
Effect Of Auxins On The <i>In Vitro</i> Establishment And Direct Organogenesis Of <i>Agave</i> Hybrid 11648 (I-P-01)	39
Análisis Aflp de la Variabilidad Genética en Clones de Agave Híbrido 11648 (I-P-02)	40
Determinación de la Hora Mitótica en <i>Agave Attenuata</i> (Asparagaceae) Mediante la Utilización de Meristemos Radiculares (I-P-03)	41
Análisis Físicoquímico de Agave Híbrido <i>Salmiana x Americana</i> (I-P-04)	42
<i>Agave</i> Spp. Seed Cryopreservation By Direct Immersion In Liquid Nitrogen (I-P-05)	43
El Potencial del <i>Agave</i> como Sistema Modelo para la Innovación en Micropropagación, Conservación y Mejoramiento Genético (I-P-06)	44
Estrategia de Regeneración de Zonas Áridas y Semiáridas Basada en la Plantación y Aprovechamiento de Agave y Mezquite: Caso Hacienda Zamarripa, S. L. Paz Guanajuato (I-P-07)	45
Estudio Evolutivo del Cariotipo Bimodal en <i>Agave</i> y Especies Ancestrales por Hibridación Genómica <i>In Situ</i> (I-P-08)	46
Estudios Comparativos del Proceso Organogénico del Género <i>Agave</i> (I-P-09)	47
Propagación <i>In Vitro</i> de “ <i>Agave Arroqueño</i> ” Usando Medio Líquido en Biorreactores Setis™ (I-P-10)	48
Comparación Entre Predios con Monocultivo de Maguey y Sistema Agroforestal de Metepantle Mediante el Uso de Series Temporales Sar en Hidalgo y Tlaxcala (I-P-11)	49
An Integrated Microbiological Analysis Of The Soil And Rhizosphere Of <i>Agave</i> Spp. Minimum Technological Input Farming Systems (I-P-12)	50

<i>Agave lechuguilla</i> como Fuente de Rizobacterias y Endófitas de Importancia Agrícola (I-P-13)	51
Patrones de Patentamiento Sobre el Aprovechamiento de los Agaves (I-P-14)	52
Diversity Of <i>Agave Cupreata</i> Using Molecular Markers (I-P-15)	53
Uso de Embriogénesis Somática para la Micropropagación de <i>Agave maximiliana</i> Baker (I-P-16)	54
Conservación y Expansión de Poblaciones Silvestres de Maguey Cenizo (<i>Agave Durangensis</i> Gentry) Bajo un Manejo Integral por Agroforestería (I-P-17)	55
<i>Agave Salmiana</i> y Chinicuil: Una Relación que Favorece la Generación de Compuestos Bioactivos (I-P-18)	56
Temática 2. Ciencia y Tecnología de Bebidas de Agave	57
Caracterización del Potencial Fermentativo en Levaduras Nativas Aisladas de Diferentes Vinatas de Estado de Durango (II-O-01)	61
Elaboración de una Bebida Postbiótica Funcional a base de Aguamiel y su Estudio de Vida de Anaquel (II-O-02)	62
Nueva Bebida Tipo “Cerveza” Derivada del Aguamiel (II-O-03)	63
Caracterización de un Proceso Artesanal de Producción de Mezcal con la Especie <i>Agave Guadalupeana</i> (II-O-04)	64
Caracterización de Materiales Empleados en Hornos para Cocción de Agave en la Región Norte de Guerrero (II-O-05)	65
Transferencia de la Tecnología de una Nueva Bebida Producida por la Fermentación de las Miel de Agave Pulquero (II-O-06)	66
Participación de Cepas de Levaduras <i>Saccharomyces</i> y No <i>Saccharomyces</i> en la Transformación de Azúcares a Etanol Durante el Proceso de Producción de Mezcal Artesanal (II-P-01)	67
Comportamiento Térmico del Proceso de Fermentación Durante la Producción de Mezcal Artesanal (II-P-02)	68
¿Cómo Influye la Información de Destilados de Agave en las Emociones del Consumidor? (II-P-03)	69
Temática 3. Fructanos y Otros Derivados	71
Los Fructanos de Agave como Fuente de Carbono en la Producción de Ácido L-Láctico por <i>Lactobacillus acidophilus</i> (III-O-01)	75
Peso Molecular de Fructanos de Agave Comerciales Determinado por Cromatografía de Exclusión (III-O-02)	76
Identificación Molecular y Caracterización de la Actividad Probiótica de Bacterias Aisladas de Harina de <i>Agave Duranguensis</i> (III-O-03)	77
Perfil de Fructanos de Agave en el Jugo de Hojas de <i>Agave Salmiana</i> (III-O-04)	78
Hidrólisis de Fructanos de Agave por Medios Enzimáticos: ¿Menos Problemas, Más Rendimiento? (III-P-01)	79
Caracterización Físicoquímica, Microbiológica y Sensorial de una Mermelada Elaborada con Chayote, Jengibre y Jarabe de Aguamiel (III-P-02)	80
Efecto de los Parámetros del Proceso de Obtención de Fructanos de <i>A. Salmiana</i> en su Calidad y Crecimiento Sobre <i>L. paracasei</i> (III-P-03)	81
Fructanos de Agave Reticulados: Estrategia para Potenciar la Viabilidad Probiótica y Actividad Antibacterial (III-P-04)	82
Determinación de Fructanos y N-Alcanos en Hojas de Maguey Pulquero (III-P-05)	83

Liberación Controlada de Ficocianina en Condiciones Gastrointestinales <i>In Vitro</i> a Partir de un Hidrogel de Agavinas (III-P-06)	84
Evaluación de Fructanos de Agave como Sustituto de Grasa en Mantecadas con Alto Contenido de Proteína (III-P-07)	85
Efecto de las Saponinas de Agave en la Membrana de Levaduras Non-Saccharomyces (III-P-08)	86
Desarrollo de una Doble Emulsión Simbiótica: Fructanos de Agave de Alto Grado de Polimerización y Probiótico <i>L. salivarius</i> (III-P-09)	87
Estudio <i>in silico</i> e <i>in vitro</i> de Inhibición de Lipasa Pancreática por Fructanos de Agave y Achicoria con Distintos Grados de Polimerización (III-P-10)	88
Estabilidad Fisicoquímica de Fructanos de Agave y Achicoria como Ingredientes Funcionales en Bebidas (III-P-11)	89
Temática 4. Aprovechamiento Integral y Sostenible de los Agaves y Subproductos	91
Valorización del Bagazo de Agave Pretratado con [Eoa][Oac] Post Sacarificación a Través de la Producción de Biogás (IV-O-01)	95
Aislamiento, Caracterización y Selección de Levaduras Osmotolerantes Obtenidas del Proceso de Producción de Mezcal (IV-O-02)	96
Valorización de Vinazas de Agave en la Obtención de Películas Biodegradables (IV-O-03)	97
Estrategias de Sacarificación Enzimática con Altas Cargas de Sólidos de Bagazo de Agave Pretratado con Líquidos Iónicos de Bajo Costo para la Producción de Metano (IV-O-04)	98
Incorporación de Celulosa Microcristalina Obtenida de Hojas del <i>Agave durangensis</i> en Películas de Alginato de Sodio (IV-O-05)	99
Valorización de Residuos de Agave Mezcalero Mediante la Obtención de Nanocelulosa Cristalina por Tecnologías Verdes (IV-O-06)	100
Bioprospección de Bacterias con Potencial Probiótico en Ensilados de Hojas de <i>Agave americana</i> (IV-O-07)	101
Efecto de <i>Enterococcus Faecium</i> y <i>Bacillus Subtilis</i> en la Remoción de Saponinas y Blanqueo por Enriado de Fibras de <i>Agave salmiana</i> (IV-O-08)	102
Ensilaje de la Pulpa de las Hojas de <i>Agave Salmiana</i> (IV-P-01)	103
Aprovechamiento de Residuos de Agave Mezcalero Mediante la Obtención de Celulosa Citrada: Evaluación como Agente de Refuerzo en Biopelículas (IV-P-02)	104
Diseño Conceptual del Proceso de Recuperación de Saponinas de las Hojas de <i>Agave Durangensis</i> (IV-P-03)	105
Ethanol Production From Agave In Brazil: A Comparative Study Of Agave Wercklei 'Blue Giant' And Agave Tequilana (IV-P-04)	106
Unveiling The Biogas Potential Of Raw Agave Leaf Juice: Exploring A Novel Biomass Source (IV-P-05)	107
Pilot Scale Bioconversion Of Tequila Industry Residues To Secondgeneration Ethanol (IV-P-06)	108
Fitoquímicos Antioxidantes de Bagazo de Agave Obtenidos por Métodos Verdes de Extracción (IV-P-07)	109
Estudio Comparativo de las Capacidades de Producción de Bioetanol y Alcoholes Superiores de Tres Levaduras (IV-P-08)	110
Biochar Derivado de Bagazo de Agave, una Alternativa Hacia la Economía Circular (IV-P-09)	111
Hidrólisis Ácida Asistida por Microondas de Fibras de Hojas de <i>Agave Durangensis</i> (IV-P-10)	112

Evaluación de la Producción de Nanopartículas de Lignina a Partir de Bagazo de Agave (IV-P-11)	113
Revalorización del Bagazo de Agave para la Producción de Pellets y su Aplicación en el Tratamiento de Aguas Residuales (IV-P-12)	114
Valorización de Hojas de Agave como Potencial Aplicación en la Nutrición Acuicola (IV-P-13)	115
El Metepantle: Plataforma para Micro Refinerías del Agave Pulquero (IV-P-14)	116
Temática 5. Aspectos Socioculturales y Marco Normativo	117
Caída de Precios en el Mercado del <i>Agave Tequilana</i> Weber: El Impacto en Viabilidad Financiera y Económica (V-O-01)	121
Análisis de las Redes Artesanales del Ixtle en El Alto Mezquital (V-P-01)	122
Agaves Mezcaleros de México: Diversidad y Usos (V-P-02)	123



Comité Organizador

Dra. Antonia Gutiérrez Mora (CIATEJ)
PRESIDENTA

Dr. Eduardo Pérez Tijerina (UANL)
VICEPRESIDENTE

Dra. Rosa María Camacho Ruiz (CIATEJ)
SECRETARIA

Dr. Jorge A. García Fajardo (CIATEJ)
TESORERO

Dra. Anne Christine Gschaedler Mathis (CIATEJ)
VOCAL

Dra. Lorena Moreno Vilet (CIATEJ)
VOCAL

Mtra. Carolina Padilla (CIATEJ)

L.E.M. Paula Araceli Castañeda Gutiérrez (CIATEJ)

D.G. Nayeli Citlalli Vallarta Díaz (CIATEJ)

M.A. Marissa De La Garza (UANL)

Comité Científico

Temática 1. Tendencias científicas y agroecológicas del Agave

Dr. Lorenzo Felipe Sánchez Teyer / Coordinador / CICY

Dr. Alan Heinze Yothers / SECIHTI-CIATEJ

Dra. Ma. Lourdes Delgado Aceves / CIATEJ

Dra. Antonia Gutiérrez Mora / CIATEJ

Dr. José Juvencio Castañeda Nava / CIATEJ

Dr. Jhony Navat Enríquez Vara / SECIHTI-CIATEJ

Dra. Ruth Amelia Garza Padrón / UANL

Biol. Diana Massiel Aceves Agüero / UANL

Dr. José Ignacio González Rojas / UANL

M.C. Jaime Manuel Cavazos Galindo / UANL

M.C. Carlos Alberto Hernández Martínez / UANL

Dra. María José García Castillo / CICY

Dra. Elia Ballesteros Rodríguez / CICY

Temática 2. Ciencia y Tecnología de bebidas de Agave

Dra. Claudia Patricia Larralde Corona / Coordinadora / IPN - CBG

Dra. Anne Christine Gschaedler Mathis / CIATEJ

Dr. Manuel Reinhart Kirchmayr / CIATEJ

Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez / UNICACH

Dr. Nicolás Oscar Soto Cruz / ITDurango

Dr. Sergio García Barrón / UP

Dra. Mirna Estarrón Espinoza / CIATEJ
M. C. René Quezada Romero / CIATEJ
Dr. Raúl Balam Martínez Pérez / ITSON
Dr. Jorge Alberto García Fajardo / CIATEJ

Temática 3. Fructanos, jarabes y compuestos bioactivos de Agave

Dra. Lorena Moreno Vilet / Coordinadora/ CIATEJ
Dr. Agustín López Munguía / UNAM
Dra. Rosa Isela Ortiz Basurto / ITT
Dra. Elba Montserrat Alcázar Valle / CIATEJ
Dra. Rosa María Camacho Ruiz / CIATEJ
Dra. Judith Jaimez Ordaz / UAEH
Dr. Fidel Martínez Gutiérrez / UASLP
Dr. Noe Luiz Santos / CIATEJ

Temática 4. Aprovechamiento integral y sostenible de los Agaves y subproductos

Dr. Hugo Oscar Méndez Acosta / Coordinador / UdeG
Dr. Gustavo Viniegra González / UAM
Dra. Silvia Maribel Contreras Ramos / CIATEJ
Dra. Elizabeth León Becerril / CIATEJ
Dra. María Guadalupe Aguilar Uscanga / TecNM Veracruz
Dr. Arturo Sánchez Carmona / CINVESTAV
Dra. Alma Elizabeth Cruz Guerrero / UAM
Dra. Lorena Amaya Delgado / CIATEJ
Dra. Alma Lilia Toledo Cervantes / UdeG
Dr. José Antonio Pérez Pimienta / UAN
Dr. Jose Roberto Ramos Ibarra / UdeG
Dra. Rosa Isela Corona González / UdeG
Dra. Esther Emilia Ríos del Toro / UANL
Dr. Carlos Escamilla Alvarado / UANL
Dra. Adela Irmene Ortiz López / UAM

Temática 5. Patrimonio biocultural y denominaciones de origen

Dr. José de Jesús Hernández López / Coordinador / COLMICH
Dr. Effabiel Teofilo Miranda Carrasco / SECIHTI
Dra. Gricelda Juárez Luis / SECIHTI-CEIBAAS Guerrero
Dra. Joaline Pardo Núñez / SECIHTI-UAGro
M.C. Blanca Vianey Ángeles Vázquez / ECOSUR
Dr. Eduardo Pérez Tijerina / UANL
M.P.I. Lorena González Pacheco / UANL
Dr. Juan Fernando Villareal Garza / UANL



UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

International
Symposium on Agave
VI ISA

Patrocinadores **ISA VI 2025**



EL GOBIERNO DEL
**NUEVO
NUEVO LEÓN**



ECONOMÍA
GABINETE DE GENERACIÓN
DE RIQUEZA SOSTENIBLE



FCB
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



i2T2



Agilent
Trusted Answers



CTR
SCIENTIFIC



Kosmos

WatersTM



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



Programa ISA VI 2025

Miércoles, 17 de septiembre

15:00-16:00

REGISTRO



16:00-17:00

Ceremonia de apertura

Conferencia plenaria de apertura



17:00-18:00

Plenaria de apertura: "De la genética molecular en especies de Agave: logros y retos"
Dra. June Simpson Williamson

18:00-20:00

Cóctel de bienvenida

Jueves, 18 de septiembre

8:30-9:00

REGISTRO

Sala 1



I. Tendencias Científicas y Agroecológicas del Agave

Moderadores: Dr. José Manuel Rodríguez Domínguez (9:00 - 12:50) / Dra. Ruth Amelia Garza Padrón (14:20 - 17:00)



9:00-9:40

I-M-01 Conferencia magistral: "No es azul: el otro paisaje agavero de jalisco"
Dra. Danae Cabrera Toledo



9:40-10:20

I-M-02 Conferencia magistral: "BRAVE - Brazilian Agave development program for sustainable biorefineries in semiarid regions"
Dr. Fábio Trigo Raya



10:20-11:00

I-M-03 Conferencia magistral: "Conservación in vitro de germoplasma vegetal en el CNRG-INIFAP"
Dra. Gabriela Sandoval Cancino

11:00-11:30

Café



11:30-11:50

I-O-01 Ponencia oral. Embriogénesis somática indirecta en *Agave maximiliana* Baker.
Lourdes Delgado Aceves



11:50-12:10

I-O-02 Ponencia oral. Advances and challenges in establishing an agave micropropagation laboratory.
Camila Cabral



12:10-12:30

I-O-03 Ponencia oral (on line). "Evaluación de un Sistema de Inmersión Temporal como plataforma para la obtención de metabolitos secundarios de *Agave salmiana*"
Karla L. Chávez Rivera



12:30-12:50

I-O-04 Ponencia oral. Dissecting late embryogenesis abundant proteins of agave.
Jimmy Hayden-Linhares

12:50-14:20

Comida



14:20-14:40

I-O-05 Ponencia oral. Diversidad de hongos patógenos y no patógenos asociados a hojas de agave mezcalero (*Agave SPP.*) en regiones productoras de Puebla.
Mariana Ruiz Coronado



14:40-15:00

I-O-06 Ponencia oral. Mejoramiento genético de agave para bioenergía: identificación de marcadores para la selección temprana de nuevos cultivares.
Adriele B. de Oliveira



15:00-15:20

I-O-07 Ponencia oral. Efecto de los reguladores de crecimiento en la germinación de agave.
José Juvencio Castañeda-Nava



15:20-15:40

I-O-8 Ponencia oral. Genotypic variability in dynamic photosynthetic responses in two agave hybrids.
Sávio Justino da Silva



15:40-16:00

I-O-9 Ponencia oral. Aplicación de PGPB para aumentar el rendimiento y azúcares en *Agave tequilana Weber*: un estudio en campo.
Silvia M. Contreras-Ramos



16:00-16:20

I-O-10 Ponencia oral. Análisis comparativo del efecto del medio de cultivo, consistencia y reguladores de crecimiento vegetal en el desarrollo *in vitro* de *A. guinegola*.
Iván Maldonado Zavala



16:20-16:40

I-O-11 Ponencia oral. El potencial embriogénico de *Agave valenciana*.
Lourdes Delgado Aceves



16:40-17:00

I-O-12 Ponencia oral. First field trial of agave for biofuels in the Brazilian semi-arid.
Wagner dos Reis

17:00-18:00

Sesión de pósters

Sala 2



II. Ciencia y tecnología de bebidas de agave

Moderadores:

Dra. Claudia Patricia Larralde Corona (9:00 – 12:50)/ **Dr. Jorge Alberto García Fajardo** (14:20 – 17:00)



9:00-9:40

II-M-01 Conferencia magistral: “Caracterización avanzada de bebidas alcohólicas: una estrategia clave para el fortalecimiento de la industrial del agave”
Dr. Luis A. Romero Cano



9:40-10:20

II-M-02 Conferencia magistral: “Obtención de bióticos a partir de bebidas tradicionales mexicanas y su potencial como alimentos funcionales”
Dra. Beatriz Pérez Armendáriz



10:20-11:00

II-M-03 Conferencia magistral: “Diversidad genómica de las levaduras que fermentan el agave”
Dr. Eugenio Mancera Ramos

11:00-11:30

Café

	11:30-11:50	II-O-01 Ponencia oral. Caracterización del potencial fermentativo en levaduras nativas de diferentes vinatas del estado de Durango. Juan Esquivel Alvarado
	11:50-12:10	II-O-02 Ponencia oral. Elaboración de una bebida postbiótica funcional a base de aguamiel y su estudio de vida de anaquel. Niza Isabel Hernández Brito
	12:10-12:30	II-O-03 Ponencia oral. Nueva bebida tipo “cerveza” derivada del aguamiel. Emmanuel I. Díaz de León
	12:30-12:50	II-O-04 Ponencia oral. Caracterización de un proceso artesanal de producción de mezcal con la especie <i>Agave guadalajarana</i> . Samira Martinez
	12:50-14:20	Comida
	14:20-14:40	II-O-05 Ponencia oral. Caracterización de materiales empleados en hornos para cocción de agave en la región norte de Guerrero. Jorge Alberto Rodríguez Castro
	14:40-15:00	II-O-06 Ponencia oral. Transferencia de la tecnología para una bebida fermentada de las mieles de agave pulquero. Nayeli Martha-Lucero
	15:00-17:00	Patrocinadores
	17:00-18:00	Sesión de posters

Viernes, 19 de septiembre

8:30-9:00

Registro

Sala 1

III. Fructanos, jarabes y compuestos bioactivos de Agave

Moderador: **Dra. Rosa María Camacho Ruiz** (9:00 – 13:10)

9:00-9:40

III-M-01 Conferencia magistral: "Fructanos de *Agave salmiana* como potenciales moduladores de la microbiota intestinal"
Dr. Fidel Martínez Gutiérrez

9:40-10:20

III-M-02 Conferencia magistral: "Del aguamiel al pulque: destino de los azúcares complejos del agave"
Dr. Agustín López Munguía

10:20-11:00

III-M-03 Conferencia magistral: "Separación, caracterización y aplicación de fracciones de fructanos de agave como aditivos alimentarios y en la microencapsulación"
Dra. Rosa Isela Ortiz Basurto

11:00-11:30

Café

11:30-11:50

III-O-01 Ponencia oral. Los fructanos de agave como fuente de carbono en la producción de ácido L-láctico por *Lactobacillus acidophilus*.
Noé Luiz Santos

11:50-12:10

III-O-02 Ponencia oral. Peso molecular de fructanos de agave comerciales determinado por cromatografía de exclusión.
Rosa Maria Camacho Ruiz

12:10-12:30

III-O-03 Ponencia oral. Identificación molecular y caracterización de la actividad probiótica de bacterias aisladas de harina de *Agave duranguensis*.
Betsabe Cervantes Martínez

12:30-12:50

III-O-04 Ponencia oral. Perfil de fructanos de agave en el jugo de hojas de *Agave salmiana*.
Nayeli Martha-Lucero

12:50-13:20

Comida



V. Patrimonio biocultural y denominaciones de origen

Moderador: **Dr. Eduardo Pérez Tijerina (13:50 – 15:40)**



13:20-14:00

V-M-01 Conferencia magistral: “La importancia de la conservación de agaves silvestres para preservar tradiciones: el caso específico del *Agave marmorata*”
Dra. Graciela Angeles Carreño



14:00-14:40

V-M-02 Conferencia magistral: “Agave y territorio: conservación biocultural frente al desafío normativo y ambiental”
Dr. Ignacio Torres García



14:40-15:20

V-M-03 Conferencia magistral: “La propiedad intelectual: clave para impulsar la innovación y el desarrollo de productos en el mercado”
Lorena N. González Pacheco



15:20-15:40

V-O-01 Ponencia oral. Caída de precios en el mercado del Agave tequilana Weber: el impacto en viabilidad financiera y económica.
Rodolfo Santos Lavalle

15:40-16:00

Receso para reacomodo de salas



16:00-17:00

Mesa redonda “Agave: entre la tradición ancestral y nuevas fronteras tecnológicas”
Moderadora Dra. Anne Christine Gschaedler Mathis

Participantes:

Dr. Fabio Trigo Raya – Investigador de la Universidad UNICAMP en Brasil
Sr. Anselmo Oviedo Reyna – Productor vino de agave - Rancho el Venadito
Dra. Graciela Ángeles Carreño – Productora de mezcal en Oaxaca
Ing. Benito Salcedo Rios – Productor de Raicilla en la Sierra de Jalisco
Lic. Miryam Acosta Aguilar - Productora de maguey en Morelos

Ceremonia plenaria de clausura



17:00-18:00

Conferencia plenaria de clausura
“¿Cuáles serán las plataformas productivas y sostenibles para los agaves?”
Dr. Gustavo Viniegra González



18:00-19:00

CIERRE, reconocimientos a trayectoria y premiaciones



19:00 hrs

CENA DE CLAUSURA, REGISTRO (Lugar por confirmar):
<https://forms.cloud.microsoft/Pages/ResponsePage.aspx?id=OKf7BqHL5U6w9sRxfPVOQBiE--2I3QNDjRLcj1gWxijUQUQ2SIU NEFPOUpHVDBXTk5DVjVEUVo3My4us>

Sala 2



IV. Aprovechamiento integral y sostenible de los Agaves y subproductos:

Moderadores: **Dr. Hugo Oscar Méndez Acosta** (9:00 – 13:10). / **Dr. Gustavo Viniegra González** (14:40 – 15:40)



9:00-9:40

IV-M-01 Conferencia magistral: “Mas allá de los alcoholes. Análisis de factibilidad en fases tempranas de investigación de productos no alcohólicos basados en agave”
Dr. Arturo Sánchez Carmona



9:40-10:20

IV-M-02 Conferencia magistral: “Aprovechamiento integral de los subproductos de la cadena agave-tequila, retos y oportunidades”
Dra. Lorena Amaya Delgado



10:20-11:00

IV-M-03 Conferencia magistral: “El futuro del agave en la industria ganadera”
Dr. Alejandro Vasconcelos Peña

11:00-11:30

Café



11:30-11:50

IV-O-01 Ponencia oral. Valorización del bagazo de agave pretratado con [EOA][OAc] post sacarificación a través de la producción de biogás.
Aldo Emmanuel Bautista Robles

	11:50-12:10	IV-O-02 Ponencia oral. Aislamiento, caracterización y selección de levaduras osmotolerantes obtenidas del proceso de producción de mezcal. Lesly Xiomara Machado Velarde
	12:10-12:30	IV-O-03 Ponencia oral. Valorización de vinazas de agave en la obtención de películas biodegradables. Miguel Angel Lorenzo-Santiago
	12:30-12:50	IV-O-04 Ponencia oral. Estrategias de sacarificación enzimática con altas cargas de sólidos de bagazo de agave pretratado con líquidos iónicos de bajo costo para la producción de metano. José Antonio Pérez Pimienta
	12:50-13:10	IV-O-5 Ponencia oral. Incorporación de celulosa microcristalina obtenida de hojas del Agave duranguensis en películas de alginato de sodio. Orlando A. Manzanares Meza
	13:10-14:40	Comida
	14:40-15:00	IV-O-06 Ponencia oral. Valorización de residuos de agave mezcalero mediante la obtención de celulosa nanocristalina por tecnologías verdes. Susana Rojas Varela
	15:00-15:20	IV-O-07 Ponencia oral. Bioprospección de bacterias con potencial probiótico en ensilados de hojas de <i>Agave americana</i> . Erika Alicia De la Cruz Arguijo
	15:20-15:40	IV-O-08 Ponencia oral. Efecto de <i>Enterococcus faecium</i> y <i>Bacillus subtilis</i> en la remoción de saponinas y blanqueo por enriado de fibras de <i>Agave salmiana</i> . Mauricio Piñón Herrera
	15:40-16:00	Receso para reacomodo de salas



16:00-17:00

Mesa redonda (en la sala 1) "Agave: entre la tradición ancestral y nuevas fronteras tecnológicas" Moderadora Dra. Anne Christine Gschaedler Mathis

Participantes:

Dr. Fabio Trigo Raya - Investigador de la Universidad UNICAMP en Brasil
Sr. Anselmo Oviedo Reyna - Productor vino de agave - Rancho el Venadito
Dra. Graciela Ángeles Carreño - Productora de mezcal en Oaxaca
Ing. Benito Salcedo Rios - Productor de Raicilla en la Sierra de Jalisco
Lic. Miryam Acosta Aguilar - Productora de maguey en Morelos

Ceremonia plenaria de clausura (en la sala 1)



17:00-18:00

Conferencia plenaria de clausura

"¿Cuáles serán las plataformas productivas y sostenibles para los agaves?"
Dr. Gustavo Viniegra González



18:00-19:00

CIERRE, reconocimientos a trayectoria y premiaciones



19:00 hrs

CENA DE CLAUSURA, REGISTRO (Lugar por confirmar):

<https://forms.cloud.microsoft/Pages/ResponsePage.aspx?id=OKf7BqHL5U6w9sRxfPVOQBIE--2I3QNDjRLcj1gWxijUQUQ2SIU NEFPOUpHVDBXtk5DVjVEUVo3My4us>



Conferencia plenaria de apertura

Título de conferencia: De la genética molecular en especies de agave: logros y retos



Dra. June Simpson Williamson

Profesora del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)

La Dra. June Simpson es una destacada científica y profesora del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN en Irapuato, Guanajuato, México. Es Lic. En Genética de la Universidad de Glasgow y Doctora en Ciencias en Biología Molecular en la Universidad Estatal de Gante, Bélgica.

La Dra. Simpson ha realizado importantes contribuciones en su campo, como lo demuestra su extensa lista de publicaciones. Ha publicado 104 artículos científicos y 20 capítulos de libros. Su capítulo más reciente, "Fructans: Physiology and Development in Plants", fue publicado en 2023 en el libro *The Book of Fructans*.

Además de su labor investigadora, la Dra. Simpson también ha tenido un impacto significativo en la formación de personal académico.

Ha dirigido y graduado 22 tesis de doctorado, 27 tesis de maestría y 42 tesis de licenciatura. Tiene actualmente 4 estudiantes en proceso de obtener su grado de Doctorado.

A lo largo de su carrera, la Dra. Simpson ha recibido múltiples distinciones y reconocimientos por su excelencia académica. Entre ellos se encuentran el Premio Nacional en Alimentación en 1987, otorgado por SEP/CONACyT, el Premio AgroBIO por las mejores tesis de doctorado dirigidas por ella (en 2003 y en 2010). Su trayectoria y contribuciones en el campo de la biotecnología agrícola y la genética de plantas le han valido reconocimientos como el Premio AgroBIO México en 2015 y la Medalla RedBio en 2016 (fue la primera mujer en recibirla). En abril del 2024, el Consejo Regulador del Tequila, le otorgó un reconocimiento por sus aportaciones en la ciencia genómica del Agave Azul Tequilero.

2024 Reconocimiento por su Destacado compromiso en la formación continua de Profesionales y el desarrollo de la ciencia genómica del Agave Azul Tequilero (*Agave tequilana* Weber) en beneficio de la cadena productiva Agave-Tequila, dentro de los festejos por los 50 años de la Declaratoria de la Denominación de Origen Tequila (DOT) y el 30 Aniversario del Consejo Regulador del Tequila A.C. (CRT). Otorgó el Consejo Regulador del Tequila A.C. (CRT) Zapopan, Jalisco, México. 23 de abril del 2024. Además de su trabajo científico, la Dra. Simpson ha sido miembro de comités de evaluación y editoriales. También es miembro activo del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) desde 1989, alcanzando la distinción del nivel III desde enero de 2015.

Conferencia plenaria de clausura

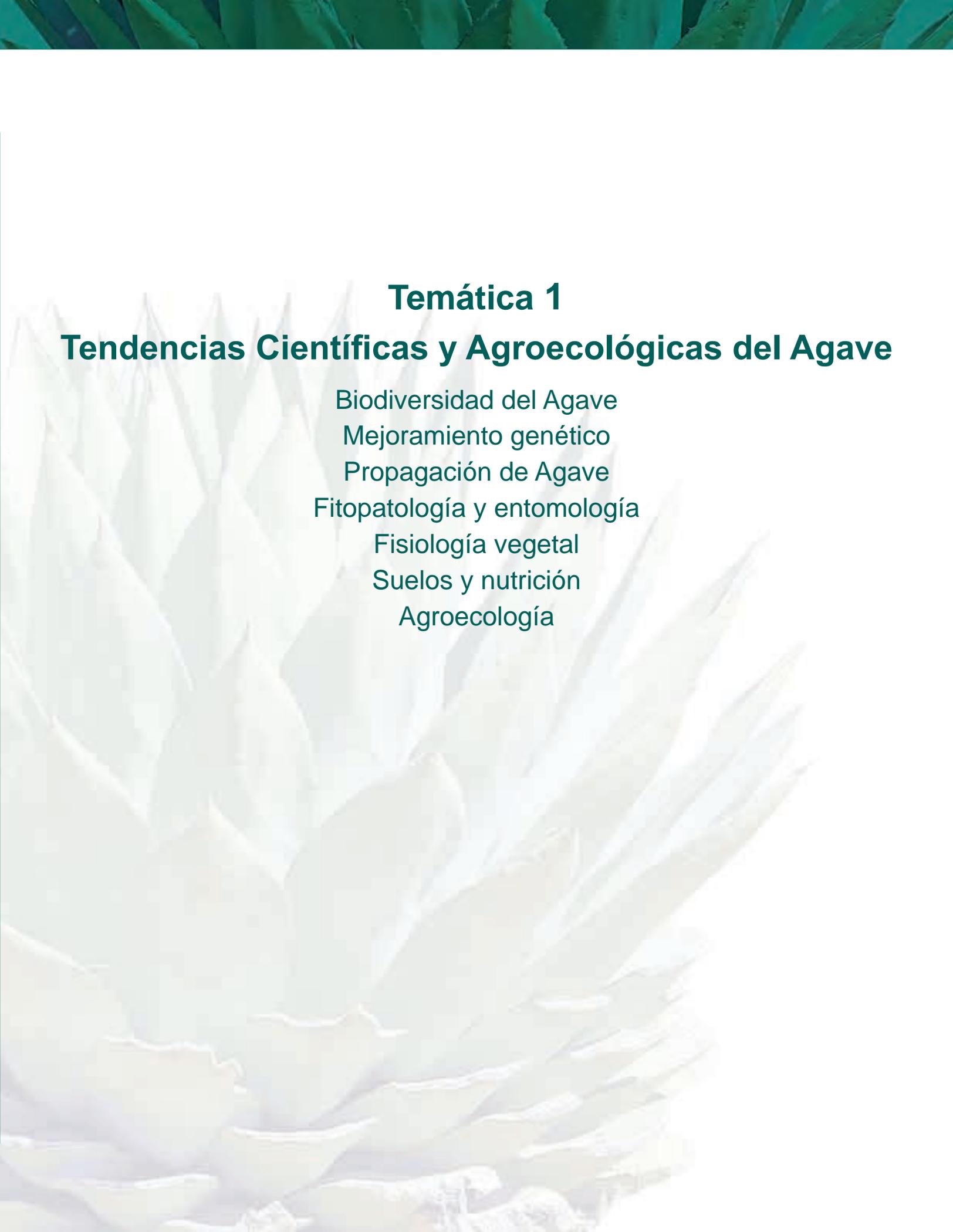
Título de conferencia: ¿Cuáles serán las plataformas productivas y sostenibles para los agaves?



Gustavo Viniegra González

Profesor Emérito de la Universidad Autónoma Metropolitana en Iztapalapa

Los agaves serán una parte esencial de nuestra supervivencia frente al cambio climático y a la gran transición energética que se avecina. Su alta productividad en las zonas áridas y su probada capacidad para mantener agroindustrias de gran calibre, indican que podrán ser una fuente abundante y sostenible de diversas plataformas productivas, más allá de los productos convencionales, como son: el tequila, el pulque y el sisal. Entre los grandes desafíos por superar se encuentran: la superación de la pobreza en las zonas áridas, la demanda de nuevos productos nutraceuticos, la sustitución de los plásticos del petróleo y los biocombustibles. Se propone un debate sobre el desarrollo de diversas plataformas sostenibles para las agroindustrias sustentadas en los agaves.



Temática 1

Tendencias Científicas y Agroecológicas del Agave

Biodiversidad del Agave

Mejoramiento genético

Propagación de Agave

Fitopatología y entomología

Fisiología vegetal

Suelos y nutrición

Agroecología



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



www.simposiointernacionaldeagave.com



Título de conferencia: No es azul: el otro paisaje agavero de Jalisco

Dra. Danae Cabrera Toledo

Estudió la carrera de Biología en la Universidad de Guadalajara, posteriormente el doctorado directo en Ecología y Manejo de Recursos Naturales en el Instituto de Ecología, A.C. en Xalapa, Veracruz. Sus intereses de investigación siguen la línea de la Ecología Evolutiva, específicamente en inferir cómo los factores ecológicos y biológicos cambian la dinámica y diversidad genética de las poblaciones de plantas. En los últimos 10 años se ha interesado en entender la interacción humano-planta como factor de estos cambios, caracterizando a los socioecosistemas de agaves utilizados para la producción de mezcales artesanales. Su producción incluye cerca de 20 publicaciones entre capítulos de libros y artículos científicos indexados. Ha dirigido tesis de licenciatura y maestría y forma parte del Sistema Nacional de Investigadores, nivel 1. Desde hace 12 años, es profesora-investigadora del Departamento de Botánica y Zoología, imparte cursos de pregrado y posgrado en programas educativos del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, México.



Título de la conferencia: BRAVE – Brazilian Agave Development Program for Sustainable Biorefineries in Semiarid Regions

Dr. Fábio Trigo Raya

Fabio Trigo Raya, Ph.D. es un biotecnólogo y genetista cuya pasión inquebrantable se centra en la producción agrícola en zonas semiáridas, con un enfoque especial en la agavicultura. Desde 2016, se ha sumergido en el mundo de los agaves, motivado por el objetivo de producir biocombustibles y otros compuestos sostenibles y biorrenovables. Su trabajo en este campo abarca un amplio espectro, que incluye el rescate de cultivares, la caracterización de biomasa, la fitopatología molecular y la biotecnología vegetal. Actualmente, se desempeña como investigador responsable de los recursos genéticos y el mejoramiento de agaves en BRAVE – el Programa Brasileño de Desarrollo del Agave, una alianza entre la Universidad de Campinas (Unicamp), la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil (ANP) y Shell Brasil Petróleo Ltda.



Título de conferencia: Conservación *in vitro* de germoplasma vegetal en el CNRG-INIFAP

Dra. Gabriela Sandoval Cancino

La Dra. Gabriela Sandoval Cancino, de nacionalidad mexicana, obtuvo en 2010 el título de Ingeniero Biotecnólogo por el Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas presentando el trabajo de investigación “Efecto de biofertilizantes y componentes del medio de cultivo sobre las diferentes etapas de la micropropagación de banano”. Posteriormente, ingresó al Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C. donde realizó el trabajo de investigación “Incremento de la capacidad de multiplicación del callo embriogénico a partir de explantes obtenidos de tejido floral de cocotero” con el cual obtuvo el título de Doctora en Ciencias Biológicas Opción Biotecnología en el 2016. A partir del 1 de febrero de 2017 se integró al INIFAP como investigadora en el Área de Recursos Genéticos Agrícola Forestal Sección: Cultivo *in vitro* y Criopreservación de Tejido Vegetal del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) donde lleva acabo investigación para la generación de protocolos de conservación de germoplasma vegetal recalcitrante o de propagación vegetativa a mediano y largo plazo (crecimiento mínimo y criopreservación respectivamente) así como protocolos de regeneración *in vitro*. Desde el 2023, funge como curadora de la Colección *ex situ* de tejido vegetal en el CNRG.

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA INDIRECTA EN *Agave maximiliana* Baker

Lourdes Delgado-Aceves, Santiago Corona, José J. Castañeda-Nava, José Manuel Rodríguez-Domínguez, Antonia Gutiérrez-Mora*

Unidad de Biotecnología Vegetal Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, 45019, Jalisco, Mexico. (33) 3345 52 00.

*correspondencia: agutierrez@ciatej.mx

Palabras clave: raicilla, auxinas, embriones somáticos

Introducción. *Agave maximiliana* es una especie de alto valor para la industria raicillera, utilizada como materia prima en la elaboración de una bebida destilada que, en los últimos años, ha ganado reconocimiento nacional e internacional (Sánchez-González et al., 2025). En este contexto, la embriogénesis somática se posiciona como una herramienta prometedora para la regeneración y multiplicación *in vitro* de plantas, permitiendo generar variabilidad controlada, optimizar el uso de recursos y preservar el germoplasma de la especie (Delgado-Aceves et al., 2021).

El objetivo de este trabajo es reportar por primera vez la inducción de embriogénesis somática en *A. maximiliana*, con la finalidad de poner esta tecnología al alcance de los productores y contribuir al aprovechamiento racional y sustentable de esta especie de gran importancia ecológica, económica y cultural.

Métodos. Embriones cigóticos fueron extraídos y cultivados en medios suplementados con auxinas: 0.0, 9.06, 18.12, 27.18, and 36.24 μM of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), and 0.0, 8.28, 16.56, 24.84, and 33.12 μM of 4-amino-3,5,6-trichloro-2-pyridinecarboxylic acid (picloram) en combinación con 0.0, 2.22, 3.33, or 4.44 μM of 6-benzylaminopurine (BAP) durante 40 días. Posteriormente, los explantes fueron transferidos a medios enriquecidos con fuentes de nitrógeno orgánico, específicamente glutamina e hidrolizado de caseína, durante un periodo de 60 días de acuerdo con Delgado-Aceves et al. (2021).

La evaluación morfológica de los embriones se realizó mediante observación estereoscópica, empleando tinciones diferenciales para distinguir estructuras embriogénicas.

Resultados y discusión. Las tasas más altas de formación de callo embriogénico (hasta un 90%) se obtuvieron con concentraciones intermedias de auxinas, siendo el tratamiento más efectivo el que incluyó 36.24 μM de 2,4-D, 33.12 μM de picloram y 4.44 μM de BAP, lo que resultó en una Capacidad de Formación de Embriones (CFE) del 20%. Las observaciones ópticas confirmaron la presencia de masas celulares proembrionarias y embriones somáticos en diferentes etapas de desarrollo, lo que indica un sistema regenerativo asincrónico. La tasa de conversión de embriones en plántulas viables alcanzó hasta un 90%. Este protocolo representa una herramienta valiosa para la conservación, reforestación y producción sustentable de esta especie endémica y de importancia económica.

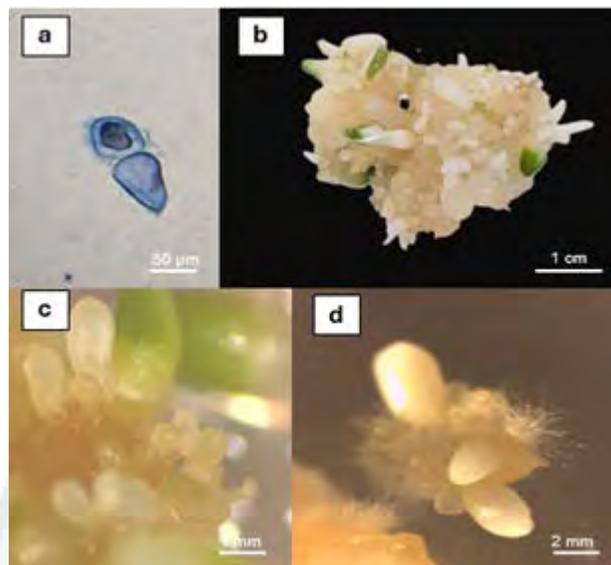


Fig. 1. Proceso embriogénico de *Agave maximiliana* a) División asimétrica b) Callo embriogénico c) Etapas globulares d) Embriones con callo rizogénico

Conclusiones. Este estudio reporta por primera vez un protocolo eficiente de inducción de embriogénesis somática en *Agave maximiliana*, destacando la combinación óptima de reguladores de crecimiento para la formación de callo embriogénico y la regeneración de plántulas viables. La implementación de esta herramienta biotecnológica puede facilitar el acceso de productores a material vegetal de alta calidad, promoviendo prácticas productivas más eficientes y sostenibles en la industria raicillera.

Agradecimientos. Agradecemos a SECHTI por el apoyo financiero a través del programa de becas posdoctorales y al laboratorio PLANTECC por sus facilidades brindadas.

Referencias.



ADVANCES AND CHALLENGES IN ESTABLISHING AN AGAVE MICROPROPAGATION LABORATORY

Pollyana Silva¹, Camila Cabral^{1,2*}, Sabrina Orrico¹, Débora Alves¹, Enzo Gaião¹, Rodrigo Munuera¹, Laura Diniz¹, Gonçalo Amarantes¹

1. Laboratory of Genomics and BioEnergy (LGE), Department of Genetics, Evolution, Microbiology and Immunology, University of Campinas (Unicamp), Campinas, Brazil; 2. Interinstitutional Graduate Program in Bioenergy (USP/UNICAMP/UNESP), Cidade Universitária, Campinas/SP Brazil.

*Corresponding author e-mail: c272506@dav.unicamp.br

Keywords: Tissue culture; Micropropagation

Introduction. Agave is economically and culturally valuable, historically used for fiber (e.g., Agave sisalana) and tequila (A. tequilana) (1). Recently, it has gained attention as a biofuel source due to its high biomass and drought resistance (2,3). However, traditional propagation methods are too slow and vulnerable to disease to meet growing energy demands. In response, in-vitro micropropagation offers a scalable solution, allowing rapid, uniform, and disease-free plant production to support renewable energy goals (4).

Therefore, the present study shows the establishment of an Agave tissue culture laboratory in the University of Campinas (UNICAMP), Brazil. Aiming the development of an efficient in-vitro propagation pipeline of several agave species.

Methods. A biofactory-inspired facility was structured into four functional zones to optimize workflow and reduce contamination. Standardized disinfection protocols were developed to various explants, which were then cultured on MS medium with tailored hormone combinations. Different morphogenetic routes were tested (direct and indirect organogenesis, somatic embryogenesis) as well as different types of explant sources (bulbs, rhizomes, seeds and leaves). Propagation efficiency was evaluated per subculture cycle. For large-scale production, selected explants were transferred to temporary immersion bioreactors with controlled immersion cycles, and plant survival and growth were systematically assessed.

Results and discussion. The Plant Tissue Culture Laboratory began its activities in late 2022. Since then, more than 20 Agave varieties have been cultured, with A. sisalana being the most propagated (over 2,500 units in the latest count). By September 2024, the laboratory had been doubling the number of plantlets approximately every six months. It is currently operating near its maximum capacity, maintaining around 7,000 *in vitro* units and just over 200 acclimatized plants (figure 1).

Main challenges include bioreactor protocol development for underexplored genotypes, oxidation of some explants, and detection of somaclonal variation.

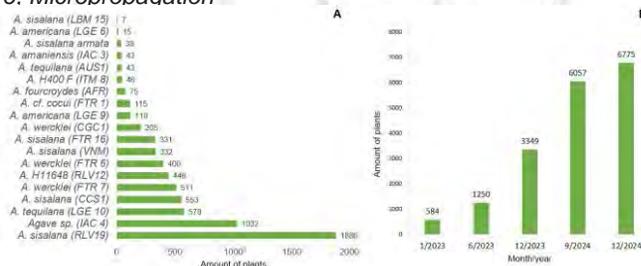


Figure 1. Varieties cultivated and its respective amounts (A). Amount of *in vitro* plantlets cultivated over times (B)

The lab integrates plant biotechnology with genetics and molecular biology through interdisciplinary collaborations. Figure 2 presents the laboratory's basic structure and workflow (A and B), and also the cultivation systems (solid medium and bioreactor), rooted plants, newly acclimatized plantlets, and mature plants acclimatized for over two years (C and D).

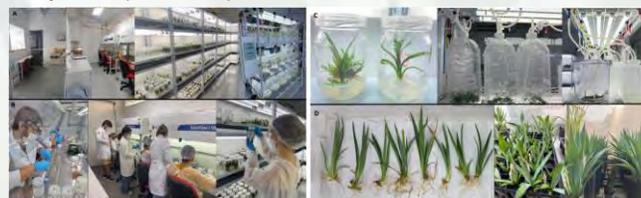


Figure 2. Laboratory structure (A and B). Cultivation systems (C), rooted and acclimated plants (D)

Conclusions. Overall, the laboratory has achieved consistent success in developing tissue culture protocols and propagating various Agave genotypes, with notable progress interdisciplinary integration.

Acknowledgements. This work was funded by the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP) in association with Shell Brasil Petróleo Ltda, with investments from the PD&I Clauses, for the Brazilian Agave Development Program (BRAVE) (research agreements 23018 5/22857-7).

References:



EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE INMERSIÓN TEMPORAL COMO PLATAFORMA PARA LA OBTENCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE AGAVE SALMIANA

Chávez Rivera, K.L.¹, Puente Garza, C.A.¹, García Lara, S.¹, Mora Vázquez, S.¹, Rodríguez López, C.E.¹, Gutiérrez Mora, A.²

1. Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey.

2. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.
Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Tecnológico, 64700 Monterrey, N.L., México. Teléfono: 81 1908 7561, correo: ca.puente@tec.mx.

Palabras clave: Agave, micropropagación, sistema de inmersión temporal

Introducción. Los productos alimenticios derivados de *Agave salmiana* poseen beneficios para la salud, asociados con su perfil fitoquímico (1). Entre ellos, las saponinas y flavonoles son compuestos de interés para las industrias alimentaria y farmacéutica (2,3). Dado su largo periodo de maduración y variabilidad fitoquímica, se evaluó el cultivo in vitro de *A. salmiana*, en un sistema de inmersión temporal (SIT), como plataforma para incrementar la producción de estos compuestos.

Métodos. Vitroplantas de *A. salmiana* de tres semanas de edad, iniciadas a partir de semillas asépticas, se transfirieron a medio semisólido (SS) o a un SIT (Biocoupler™) empleando diferentes parámetros (tiempo y frecuencia de inmersión, volumen del medio de cultivo, densidad del inóculo). Se evaluaron parámetros morfológicos y fitoquímicos tras cuatro y ocho semanas de cultivo. El contenido de saponinas y flavonoles se cuantificó mediante HPLC-DAD-ELSD, según la metodología de Puente-Garza et al. (2017).

Resultados y discusión. Las plantas del SIT presentaron parámetros de crecimiento superiores (altura de la planta, número de hojas y raíces, y biomasa), incluyendo un aumento del 2.5 % en el peso seco, en comparación con las plantas de SS. Asimismo, se registraron variaciones significativas en el contenido total de saponinas y flavonoles en función del sistema y del tiempo de cultivo.

Tabla 1. Efecto del sistema y tiempo de cultivo en la morfología de *A. salmiana* in vitro

Tratamiento	No. hojas	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
<i>Efecto del sistema de cultivo</i>			
SS	2.96 ± 0.60 ^a	0.28 ± 0.32 ^a	0.08 ± 0.05 ^b
SIT	3.09 ± 0.61 ^a	0.31 ± 0.13 ^a	0.19 ± 0.26 ^a
<i>Efecto del tiempo de cultivo</i>			
4 semanas	2.64 ± 0.40 ^b	0.25 ± 0.12 ^a	0.17 ± 0.26 ^a
8 semanas	3.39 ± 0.55 ^a	0.34 ± 0.32 ^a	0.10 ± 0.06 ^a

SS: Semisólido. SIT: Sistema de inmersión temporal. Resultados expresados como media ± desviación estándar. Prueba estadística: Modelo Lineal General ANOVA (N=61). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$), de acuerdo con la prueba de Tukey.

Tabla 2. Efecto del sistema y tiempo de cultivo en la fitoquímica de *A. salmiana* in vitro

Tratamiento	CTS (mg EP /g P.S.)	CTF (mg EQ /g P.S.)
-------------	---------------------	---------------------

Efecto del sistema de cultivo

SS	26.39 ± 17.41 ^a	0.86 ± 0.42 ^a
SIT	21.32 ± 15.66 ^b	0.97 ± 0.30 ^a

Efecto del tiempo de cultivo

4 semanas	38.64 ± 10.48 ^a	0.66 ± 0.19 ^b
8 semanas	9.62 ± 3.60 ^b	1.15 ± 0.35 ^a

CTS: Contenido total de saponinas. CTF: Contenido total de flavonoides. EP: Equivalentes de Protodioscina. EQ: Equivalentes de Quercetina. PS: Peso seco. SS: Semisólido. SIT: Sistema de inmersión temporal. Resultados expresados como media ± desviación estándar. Prueba estadística: Modelo Lineal General ANOVA (N=36). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$), de acuerdo con la prueba de Tukey.

Otros SIT mejoraron variables morfológicas en *A. angustifolia* (4). Sin embargo, los estudios del efecto del sistema de cultivo en el perfil fitoquímico de especies de Agave son limitados.

Conclusiones. El cultivo en SIT favoreció la acumulación de flavonoides y mejoró la morfología de la planta. Asimismo, el SIT presentó una mayor cantidad total de biomasa disponible para extracción (biomasa seca), resaltando su potencial en cuanto al rendimiento absoluto de saponinas y la producción de metabolitos secundarios a gran escala. De igual manera, el marcado efecto del tiempo de cultivo resalta la importancia de optimizar las condiciones del sistema.

Agradecimientos. Financiamiento por el Tecnológico de Monterrey - Escuela de Ingeniería y Ciencias y la beca de doctorado de la SECIHTI otorgada a K. Chávez.

Referencias.

- Álvarez-Chávez, J., (2021). Agave By-Products: An Overview of Their Nutraceutical Value, Current Applications, and Processing Methods. *Polysaccharides*, 2(3), 720-743.
- Leal-Díaz, A. M., (2015). Effect of *Agave americana* and *Agave salmiana* Ripeness on Saponin Content from Agua-miel (Agave Sap). *J. Agric. Food Chem*, 63(15), 3924–3930.
- Puente-Garza, C. A. (2017). Enhancement of saponins and flavonols by micropropagation of *Agave salmiana*. *Ind. Crop. Prod*, 105, 225–230.
- Monja-Mio, K., et al. (2021). Comparison of conventional and temporary immersion systems on micropropagation (multiplication phase) of *Agave angustifolia* Haw. 'Bacanora'. *Biotech*, 11(2), 77.

DISSECTING LATE EMBRYOGENESIS ABUNDANT PROTEINS OF AGAVE

J. Hayden-Linhares^a, M. Falsarella Carazzolle^a, G. Amarante Guimarães Pereira^a, F. Trigo Raya^a

^aUniversity of Campinas, Campinas, Brazil. *J291230@dac.unicamp.br

Keywords: Climate Change, Genome Mining, Agave

Introduction. Agave is a CAM crop well-adapted to semi-arid environments, achieving a remarkable balance between stress resilience and productivity, a trade-off that makes it an attractive genetic resource for genome mining. We have previously reported the transcriptome of three different cultivars grown in the Brazilian semi-arid indicating a *LEA* (Late Embryogenesis Abundant) protein as the most expressed transcript across different tissues (1). Building on this, we now leverage the complete genome of *Agave tequilana* to perform a comprehensive analysis of this family of intrinsically disordered proteins, with the goal of advancing our understanding of the molecular basis underlying *Agave's* resilience.

Methods. We performed a genome-wide identification of *LEA* genes in *Agave tequilana* using hidden-Markov models for all known *LEA* subfamilies, followed by phylogenetic analysis with representative *LEA* proteins from related and model species. Promoter regions were screened for cis-regulatory motifs, and protein domain composition and stability were analyzed to infer functional diversity within the family.

Results and discussion. Our analysis revealed a marked expansion of the *LEA_2* subfamily that likely occurred prior to the divergence of the *Agave*–*Yucca* clade. In addition, we observed an increase in isoform diversity driven by alternative splicing, although further experimental studies are required to confirm and characterize these isoforms in detail.

Table 1. Locus encoding putative LEAs in the genome

Sp.	DHN	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
Atq.	6	8	100 (125)*	12 (15)*	6	4	3
Yfl.	7	7	94 (112)*	10 (11)*	7 (8)*	4	5
Aoff.	3	5	33	3	6	2	1

Atq: *Agave tequilana*; Yfl: *Yucca filamentosa*; Aoff: *Asparagus officinalis*; * = accounting locus and isoforms.

Our analysis also reveals that the *LEA_4* is the subfamily with most of its members predicted to be stable (instability index < 40), while the most unstable subfamily was *LEA_6* - Fig. 1. Focusing on the highly expressed *LEA* transcript, with the support of HMM, protein domain analysis and phylogenetic inference, we classify it as a *LEA_3*, it is located on chromosome 2, encoding a mitochondrial-targeted protein with predicted stability and a low isoelectric point, features likely supporting its proper function under stress in the high-pH mitochondrial environment - indicating optimal trade-off between instability and function or neofunctionalization. Contextual protein

instability was mainly confined to the mitochondrial targeting peptide, suggesting stabilization after cleavage. Promoter analysis showed enrichment for light-responsive elements and transcription factor binding sites (*DOF*, *WRKY*, *MYB*, *MYC*).

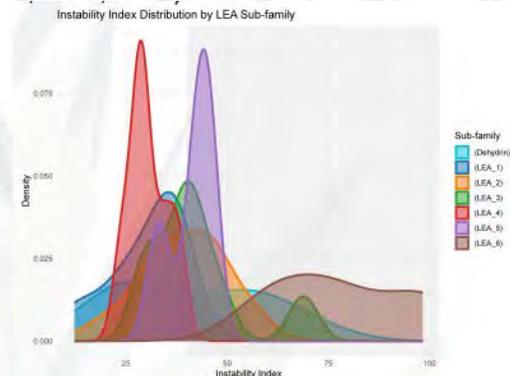


Fig. 1. Instability index density for *LEA* sub-families from *Agave tequilana* Weber's azul. Proteins with instability index > 40 (grey zone) are expected to be unstable.

Conclusions. These findings highlight the unique evolutionary trajectory of *LEA* genes in *Agave* and suggest specialized regulatory and structural adaptations contributing to its stress resilience. This work provides a foundation for future functional studies and biotechnological applications targeting climate resilience.

Acknowledgements. This work was supported by Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP) in association with Shell Brasil Petróleo Ltda, with investments from the PD&I Clauses, for the Brazilian Agave Development Program (BRAVE) [research agreements 5902/5903]. The genome sequence of *A. tequilana* var. Werber's azul and *Y. filamentosa* was made available by the Department of Energy's Joint Genome Institute.

References.

1. Raya et al. Extreme physiology: Biomass and transcriptional profiling of three abandoned Agave cultivars. *Industrial Crops and Products*. v. 172, n. 15, 2001.

DIVERSIDAD DE HONGOS PATÓGENOS Y NO PATÓGENOS ASOCIADOS A HOJAS DE AGAVE MEZCALERO (AGAVE SPP.) EN REGIONES PRODUCTORAS DE PUEBLA

Mariana Ruiz Coronado, Mónica Alexa Cuautle Martínez, Axel Imanol Díaz Romero, Genaro Miguel Valencia Macías, Luis Ramiro Caso-Vargas, Miguel Castañeda Lucio, Liliana López Pliego, Vianey Marín Cevada*. Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla 72410, México. Tel: 2222295500 Ext. 4307.

*Autor de correspondencia: vianey.marin@correo.buap.mx

Palabras clave: diversidad, agave mezcalero, Puebla

Introducción. Puebla es el segundo productor nacional de mezcal, con más de 7.95 kha de agave cultivadas. La Denominación de Origen Mezcal y el auge comercial han impulsado el cultivo y el turismo, pero también han generado desafíos ambientales, como la sobreexplotación de especies silvestres y la propagación de fitopatógenos que amenazan la productividad y sostenibilidad del sistema (1,3).

El presente estudio tuvo como objetivo identificar y caracterizar la diversidad morfológica y microscópica de hongos asociados a plantas de agave con síntomas de marchitez en 3 municipios del estado de Puebla, con énfasis en la detección de *Fusarium* spp. y otros organismos potencialmente fitopatógenos, así como hongos presentes en la filósfera.

Métodos. El muestreo se realizó en plantaciones de Agave spp. durante la época de sequía ubicadas en los municipios de San Juan Tzicatlacoyan, Huehuetlán El Grande y San Nicolás Huajuapán, seleccionando ejemplares con síntomas de marchitez pertenecientes a las especies *A. cupreata*, *A. angustifolia*, *A. angustifolia* (variedad silvestre conocida regionalmente como "espadilla") y *A. potatorum* (Fig. 1). Se recolectaron muestras de suelo y tejido vegetal en plantas jóvenes y adultas, las cuales fueron procesadas mediante diluciones seriadas (10^{-1} a 10^{-5}) y sembradas en medio Papa Dextrosa Agar (PDA) suplementado con ácido tartárico estéril al 10 %, ajustando el pH final a 3.5 para inhibir el crecimiento bacteriano. Los hongos aislados fueron conservados en aceite mineral y caracterizados morfológicamente (macroscopía y microscopía) para su agrupación y clasificación preliminar (2, 3).



Fig. 1. Agaves enfermos encontrados en los plantíos poblanos. A) *A. potatorum*, B) *A. angustifolia*, C) *A. angustifolia* (variedad silvestre "espadilla") y D) *A. cupreata*

Resultados y discusión. Se obtuvieron 208 aislamientos fúngicos a partir de 71, 84 y 60 muestras colectadas en San Juan Tzicatlacoyan, Huehuetlán El Grande y San Nicolás Huajuapán, respectivamente. Se identificaron al

menos 47 morfotipos distintos, incluyendo formas algodonosas, rugosas, pigmentadas y levaduriformes. Destacaron aislamientos con características compatibles con *Fusarium* spp. (fiálides agrupadas, microconidios libres, pigmentación rosada en reverso), particularmente en plantas con marchitez severa. Asimismo, se detectaron estructuras asociadas a géneros como *Alternaria* (conidios en cadena, pigmentación verde). La variación en la abundancia y composición fúngica entre especies de agave y localidades sugiere que la estructura microbiana del suelo y la planta incide en la progresión de la enfermedad.

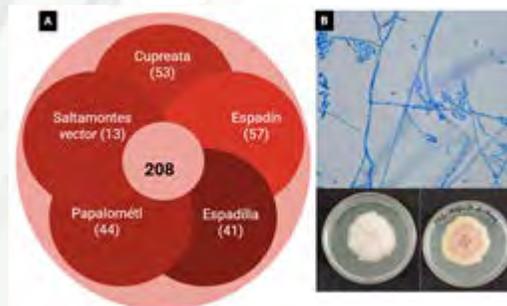


Fig. 2: A) Aislamientos obtenidos durante la época de sequía en los cultivos muestreados en tres municipios del estado de Puebla. B) Macro y microfotografía representativa de los aislamientos de *Fusarium* spp., mostrando fiálides y microconidios (40x).

Conclusiones. La alta diversidad fúngica asociada al agave con marchitez en Puebla, destacando *Fusarium* spp., respalda su rol etiológico. La coocurrencia de otros hongos sugiere una interacción microbiana compleja, y el aislamiento de cepas permitirá futuros estudios de patogenicidad y control.

Agradecimientos. Este trabajo se realizó en el marco de los Proyectos de Colaboración Interinstitucional en el Estado de Puebla (IPN-BUAP), a quienes se agradece el respaldo académico y logístico brindado.

Referencias.

https://drive.google.com/file/d/1z2ML_gXQ9VcbuxnAicYWvzVO81Dnfhyz/view?usp=sharing

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE AGAVE PARA BIOENERGÍA: IDENTIFICACIÓN DE MARCADORES PARA LA SELECCIÓN TEMPRANA DE NUEVOS CULTIVARES

Adriele B. de Oliveira^{a*}, Fábio T. Raya^{ab}, Jackeline A. Celio^a, Brenda G. Díaz-Hernández^c, Carlos A. Colombo^c,
 Gonçalo A. G. Pereira^{a**}

^aLaboratório de Genômica y Bioenergía (LGE) – UNICAMP, Brasil; ^bLaboratório de fisiologia de plantas (LCROP), UNICAMP, Brasil; ^cCentro de Investigación de Recursos genéticos, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Brasil.
 *a261413@dac.unicamp.br; **Autor correspondiente: goncalo@unicamp.br

Palabras clave: Bioenergy; Mejoramiento; Characterization

Introducción. Los agaves se destacan como un cultivo con potencial para la producción de bioenergía frente a los desafíos del cambio climático, debido a su alta productividad y resiliencia en ambientes áridos y semiáridos. En Brasil se ha desarrollado el programa de mejoramiento genético BRAVE [1], cuyo uno de los principales objetivos ha sido la recuperación de accesiones de *Agave* poco explotados comercialmente, así como el establecimiento de un banco de germoplasma en la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) [2]. Como parte de estas acciones, también se desarrollaron marcadores microsatélites (SSR) con el fin de apoyar la caracterización y mejoramiento genético de las accesiones conservadas en dicho banco.

En este sentido, una parte de este trabajo tiene como objetivo validar estos marcadores SSR como herramientas clave para la caracterización de los accesos del Banco de Germoplasma. Además, se busca seleccionar marcadores SSR capaces de diferenciar las principales especies del género y establecer una “huella genética” (*fingerprint*) que contribuya a su identificación y manejo.

Métodos. para la validación de marcadores SSR fueron utilizados 10 accesiones pertenecientes al Banco de Germoplasma siendo 6 especies deferentes de agaves. Fue recolectado material foliar e posteriormente realizada la extracción de DNA total. Las reacciones en cadena de la polimerasa (PCR) se realizaron con un panel de 12 marcadores SSR desarrollado a partir de datos genómicos de *Agave. sisalana*, *A. fourcroydes*, H11648 y *A. tequilana*. Los productos amplificados fueron evaluados mediante electroforesis capilar en un sistema automatizado de análisis de fragmentos.

Resultados y discusión. De los 12 loci evaluados, 10 mostraron resultados positivos en cuanto a capacidad de amplificación de las regiones objetivo. En particular, los marcadores presentaron tasas de amplificación superiores al 87%, y tres de ellos lograron amplificar el 100% de las muestras analizadas. Estos resultados indican que los marcadores SSR son transferibles entre diferentes especies del género *Agave*, lo cual los convierte en herramientas útiles para estudios de diversidad.



Fig. 1. Ejemplo de accesiones evaluadas: *Agave sisalana* (LBM15), *Agave tequilana* (AUS1) y *Agave fourcroydes* (AFR), cultivadas en el banco de germoplasma de la UNICAMP, Campinas -SP.

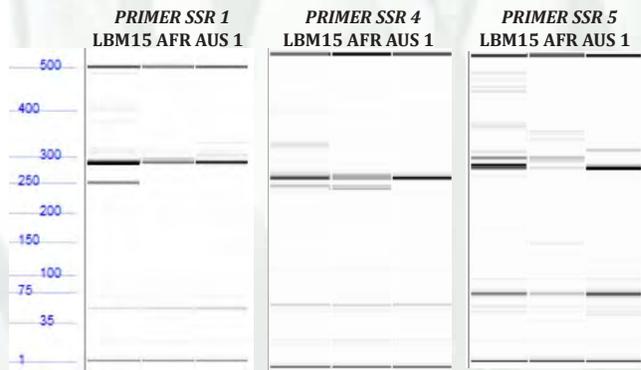


Fig. 2. Diferencias en la cantidad y tamaño de bandas para cada accesión en tres de los diez pares de primers analizados.

Conclusiones. Los resultados obtenidos demuestran que los marcadores SSR validados poseen potencial para diferenciar eficazmente las principales especies de *Agave*, proporcionando una base sólida para futuros análisis de variabilidad genética y para el avance del programa de mejoramiento del *Agave* con fines bioenergéticas.

Agradecimientos. Agencia Nacional del Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil (ANP), Shell Brasil Petróleo Ltda, Programa Brasileño de Desarrollo del *Agave* (BRAVE).

Referencias.

- Shell Brasil. (2025). BRAVE Shell Brasil – Energia e Inovación. Shell Brasil. Disponible en: <https://www.shell.com.br/energia-e-inovacao/pesquisa-e-desenvolvimento/brave.html>
- Raya FT, Carvalho LM, José J, Cruz LP, Almeida RL, Delevatti HAdA, Silveira NM, Silva SF, Pissolato MD, Oliveira AB, dos Reis WJV, de Abreu LGF, Gutiérrez J, Carazzolle MF, Soares ACF, Nieto Sotelo J, Ribeiro RV & Pereira GAG. (2023). Rescuing the Brazilian *Agave* breeding program: morphophysiological and molecular characterization of a new germplasm. *Front. Chem. Eng.* 5, 1218668.

EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA GERMINACIÓN DE AGAVE

José Juvencio Castañeda-Nava^{1*}, Alan Mauricio Arriaga Torres¹, Antonia Gutiérrez-Mora¹, ¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Av. Normalistas 800, Colinas de La Normal, 44270 Guadalajara, Jal. 33 3345 5200 Ext. 2032. *jcastaneda@ciatej.mx

Palabras clave: germinación, fitohormonas, peróxido de hidrógeno

Introducción. México se ha caracterizado por sus bebidas destiladas de agave, y especies de agaves, presentan diferentes usos desde alimenticio hasta procesos industrializados (1). Las especies de agave se propagan por medio de hijuelos, este método tiene como limitante la variabilidad genética, de manera natural es por medio de semillas (2). Se ha reportado el efecto de los reguladores de crecimiento (RC) en la germinación en especial las giberelinas, los grupos de las auxinas y citocininas juegan un papel importante el proceso de la división celular de los vegetales (3) pero no se mencionan en la germinación. El proceso de germinación de las semillas de agave se ha evaluado el efecto de las giberelinas (4) únicamente.

El objetivo de este trabajo es evaluar los RC para incrementar el porcentaje de germinación y el crecimiento de las plántulas.

Métodos. Se utilizaron semillas de *Agave angustifolia* colectadas el 2024, fueron germinadas en cajas de Petri con papel, en todos los experimentos se utilizó peróxido de hidrogeno (H_2O_2) al 3%, las semillas fueron expuesto por un periodo de 10 min andes o después de aplicar el RC. En un primer experimento se evaluaron las giberelinas GA_3 a 500 mg/L, Auxinas (ácido Indol butírico (IBA) y ácido naftalenacético (ANA)) a 1mg/L, citocininas (Kinetina (KIN) y bencilaminopurina (BAP)) a 1mg/L, las semillas fueron expuestos a los RC por un periodo de 24 h, los 14 tratamientos fueron los siguientes: 1) $H_2O_2+H_2O$; 2) H_2O_2+BA ; 3) H_2O_2+KIN ; 4) H_2O_2+IBA ; 5) H_2O_2+ANA , 6) $H_2O_2+GA_3$, 7) $H_2O+H_2O_2$; 8) $BA+H_2O_2$; 9) $KIN+H_2O_2$; 10) $IBA+H_2O_2$ 11) $ANA+H_2O_2$; 12) $GA_3+H_2O_2$; 13) H_2O ; 14) 0. En un segundo experimento se evaluó diferentes dosis de IBA (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mg/L). En el tercer experimento se examinó el IBA en tres diferentes tiempos de exposición 1, 3, 6 y 24 h. Todos los experimentos fueron encubados a una temperatura de 25 °C y un fotoperiodo de 16 h luz por 8 de oscuridad. Como unidad experimenta se utilizó una caja Petri con 10 semillas con tres repeticiones por tratamiento. Los datos estadísticos fueron corridos en Statgraphics, donde se realizó una ANOVA y una comparación múltiple de medias con la prueba tukey.

Resultados y discusión. En la evaluación de los diferentes RC el análisis estadístico no fue significativo para los tratamientos ($P= 0.3118$), sin embargo los promedios más altos fueron donde se utilizó auxinas en combinación con el H_2O_2 . En el segundo experimento donde se exploró con diferentes dosis de IBA una auxina, los tratamientos

no fueron significativos ($P= 0.2260$) para la variable de respuesta germinación el promedio más alto se alcanzó con la dosis de 1 mg/L de IBA, en el caso del largo de la plántula los tratamientos fueron significativos ($P= 0.0042$) donde las dosis de 1, 1.5 y 2.0 mg/L fueron los promedios más altos. En los tiempos de exposición a IBA los tratamientos no fueron estadísticamente significativos para la variable de respuesta germinación y largo de la plántula ($P= 0.4155$ y 0.2964 respectivamente) cabe mencionar que aun que no existe diferencia significativa el tratamiento con 24 h de exposición con 1 mg/L presenta el doble de germinación que el grupo control (si exposición a IBA), el tratamiento de 1 mg/L se encuentra entre los tres promedios más altos del largo de la plántula. Los RC tienen efectos en el desarrollo de los tejidos vegetales aunque no se ha reporta el efecto de las auxinas en la germinación de semillas de agave en este trabajo se observa un claro efecto el cremento de las plántulas esto puede estar relacionado con el proceso de la división celular donde tiene efecto las auxinas (Alcantara et al., 2019).

Conclusiones. Es importante realizar más estudios para determinar si existe un efecto directo en la germinación de las auxinas, debido a que en este estudio se observan tendencias pero no son contundentes.

Referencias.

1. Figueredo-Urbina, C. Arce-Cervantes, O. y Castañeda-Ovando A. (2024). Diversidad de agaves utilizados para la producción de jarabe de aguamiel en el estado de hidalgo, México. *Polibotánica*. 58, 265-290.
2. García-Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, 87, 14–23.
3. Alcántara, J. Acero, Jovanna.. Alcántara, Cortés J. Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109-129.
4. Villavicencio-Gutiérrez, E. Torres-Tapia, M. Méndez, J. Curiel-López, C. Sánchez, F. (2024). Seed Germination in *Agave potatorum* Zucc. *REMCF*, 15 (86), doi:10.29298/rmcf.v15i86.1403.

GENOTYPIC VARIABILITY IN DYNAMIC PHOTOSYNTHETIC RESPONSES IN TWO AGAVE HYBRIDS

Sávio Justino da Silva¹, Heitor Lopes Sartori¹, Larissa Prado da Cruz¹, Fábio Trigo Raya^{1,2}, Gonçalo Amarante Guimarães Pereira², Rafael Vasconcelos Ribeiro¹

¹Laboratory of Crop Physiology (LCroP), Department of Plant Biology, Institute of Biology, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil; ²Laboratory of Genomics and bioEnergy (LGE), Department of Genetics, Evolution, Microbiology and Immunology, UNICAMP, Campinas, SP, Brazil

Corresponding author: rvr@unicamp.br; +55 19 99888-4696

Keywords: Photosynthetic variability, photochemical efficiency, gas exchange

Introduction. Given the yield plateau reached by major crop species, improving photosynthesis through genetic engineering has become one of the main strategies in plant breeding. However, the limitations of this approach have encouraged the search for alternatives, such as exploring natural genetic variation in photosynthesis. Studies on intra- and interspecific differences in dynamic photosynthesis provide a promising foundation for breeding more productive cultivars under field conditions, where light intensity and CO₂ concentration varies continuously throughout the day.

In this context, the aim of this study is to characterize genotypic variation in dynamic photosynthesis in *Agave* hybrids, using photochemical parameters and gas exchange measurements.

Methods. Two *Agave* genotypes — *Agave* sp. IAC4 and H11648 (*A. amaniensis* × *A. angustifolia*) × *A. amaniensis* — were cultivated for approximately one year in a greenhouse located in Campinas, São Paulo, Brazil (22°49'S, 47°4'W), under controlled irrigation and fertigation. Dynamic photosynthesis was assessed through CO₂ response curves using an infrared gas analyzer (LI-6400XT, LICOR Inc) coupled with a modulated fluorometer (6400-40LCF, LICOR Inc). Measurements were performed at night, with sequential variations in CO₂ concentration (50 to 2000 μmol mol⁻¹), followed by estimation of V_{pmax}. After overnight acclimation, light response curves were conducted the following day using a miniaturized pulse-amplitude modulated fluorometer (WALZ-MINI-PAM-II/R).

Results and discussion. The *Agave* genotypes H11648 and IAC4 showed a positive linear response of photosynthesis to increasing CO₂ concentration, differing from the typical pattern observed in C₃/C₄ plants. The PEPcase enzyme activity was similar between genotypes (Fig 1). H11648 exhibited a higher light saturation point, indicating better tolerance to intense light. Conversely, IAC4 activated heat dissipation mechanisms earlier, protecting itself at lower light levels (Fig 2).

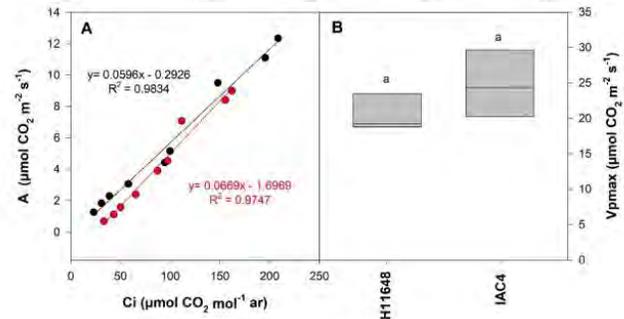


Fig. 1 CO₂ assimilation curves (A) as a function of intercellular CO₂ concentration (Ci) and maximum PEPcase carboxylation rate (Vpmax) for two *Agave* genotypes.

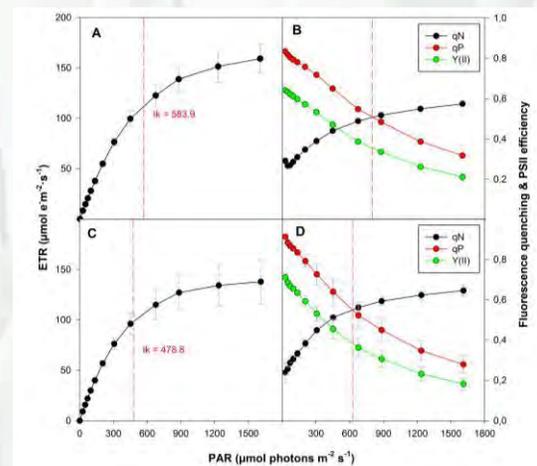


Fig. 2 Electron transport rate (ETR) curves as a function of light intensity (PAR) for two *Agave* genotypes (A and C). (B and D) show the responses of Photochemical parameters.

Conclusions. Both genotypes show similar enzymatic efficiency, H11648 may perform better under high light due to its higher saturation point.

Acknowledgements. This work was supported by the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil in association with Shell Brasil Petróleo Ltda, with investments from the PD&I Clauses, for the Brazilian Agave Development Program (BRAVE) [Research agreements 5902 and 5903].

APLICACIÓN DE PGPB PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO Y AZÚCARES EN AGAVE TEQUILANA WEBER: UN ESTUDIO EN CAMPO

Silvia M. Contreras-Ramos^{1*}, Beatriz G. Guardado-Fierros¹, Diego A. Tuesta-Popolizio¹, Miguel A. Lorenzo-Santiago¹, Ramón Rubio-Cortés², Rosa M. Camacho-Ruíz³, José J. Castañeda-Nava⁴, Antonia Gutiérrez-Mora⁴

¹Unidad de Tecnología Ambiental, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ). Guadalajara, Jalisco, Mexico, Tel:33455200 smcontreras@ciatej.mx

²Promoción y Fomento de Agave S. de R.L. de C.V. Jalisco, México,

³Unidad de Biotecnología Industrial, CIATEJ Camino Arenero N° 127, Zapopan, Jalisco, Mexico,

⁴Unidad de Biotecnología Vegetal, CIATEJ-Zapopan.

Palabras clave: Cariotipo, Índice mitótico, Metafase

Introducción. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) colonizan las raíces de las plantas y aumentan el contenido de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) en diversas plantas [1] [2]. El objetivo de este estudio fue evaluar un consorcio de PGPB para aumentar los azúcares fermentables en *Agave tequilana* Weber var. Azul en condiciones de campo.

Métodos. El consorcio de PGPB (CIATEJ-MX1) formado por géneros de *Pseudomonas* sp. y *Shimwellia* sp. (patente MX/a/2015/015919) y del producto COFACTOR[®], fue aplicado en drench en un cultivo de Agave de 4 años en campo, con 3 diferentes dosis: 5, 10, 15 L/ha y un control sin aplicación. Cada tratamiento tuvo n=300. Diez plantas se muestrearon aleatoriamente a los 0, 3, 6 y 12 meses (T0, T3, T6 y T12), para analizar azúcares reductores totales y fructanos (medidos como inulina), sacarosa, glucosa y fructosa [3]. Al T12 las plantas se cosecharon y se registró el rendimiento.

Resultados y discusión. La aplicación de PGPB aumentó los azúcares reductores en un 3% y la inulina en un 5.3% con la dosis 15 L/ha comparado al control después de 12 meses. La inulina alcanzó un 99 % (T12) (Fig. 1).

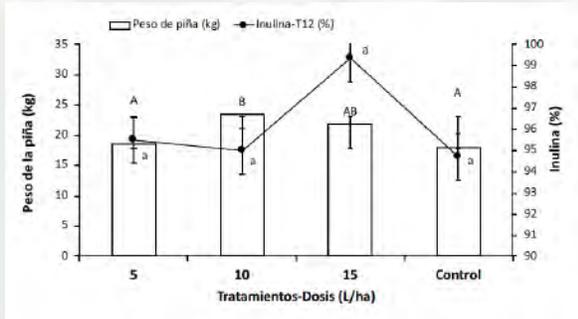


Fig. 1. Peso de piña (kg) y contenido de inulina (%) a los 12 meses (T12). Las barras indican error estándar. Las letras mayúsculas son la comparación entre tratamientos de peso, y minúsculas para inulina. Letras diferentes indican diferencias significativas (Dunn $p < 0,05$).

El peso de las cabezas de agave a los 12 meses incremento 31.2 % (10 L/ha) y un 22.3 % (15 L/ha) respecto al peso de las plantas control. Las plantas de agave tequilana de 5 años de edad con el tratamiento de 15 L/ha tuvieron un rendimiento cercano a los estándares de plantas de

6-7 años de edad reportados [4]. Los azúcares reductores aumentaron en todos las dosis respecto al control, mientras una mínima cantidad de azúcares libres fue encontrado en las piñas a T12 (Fig. 2).

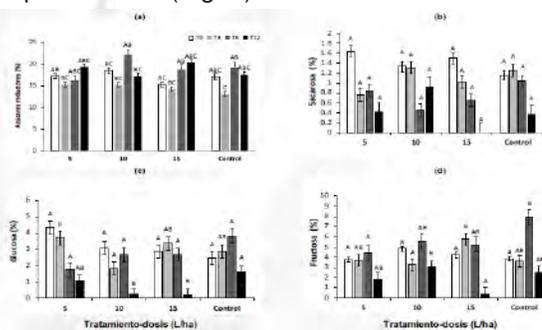


Fig 2. Porcentaje de a) de azúcares reductores, b) sacarosa, b) glucosa y c) fructosa durante el experimento a los 0 (T0), 3 (T3), 6 (T6) y 12 (T12) meses. Las barras son el error estándar. Las letras mayúsculas indican la comparación entre tratamientos al mismo tiempo. Letras diferentes indican diferencias significativas (Dunn $p < 0,05$)

Conclusiones. Este estudio contribuye al desarrollo de estrategias sustentables para la producción de tequila, optimizando el uso de los recursos naturales con un alto contenido de azúcares y rendimiento.

Agradecimientos. Esta investigación fue financiada por Promoción y Fomento de Agave S. de R.L. de C.V.

Referencias.



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL EFECTO DE MEDIO DE CULTIVO, CONSISTENCIA Y REGULADORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN EL DESARROLLO *IN VITRO* DE *A. guiengola*

Iván Maldonado Zavala¹; Antonia Gutiérrez Mora^{1*}

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C.

Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Camino Arenero 1227, El Bajío, 45019 Zapopan, Jal., México.

Tel. (33) 33455200 Ext. 1750 agutierrez@ciatej.mx

Palabras clave: *Agave guiengola*, micropropagación

Introducción. *Agave* es un género de plantas monocotiledóneas xerófitas con más de 200 especies distribuidas en América, principalmente en México (Moreno y Monja, 2021). *A. guiengola* es una asparagácea ornamental microendémica mexicana en peligro de extinción (IUCN, 2019) con potencial económico y biotecnológico. El cultivo de tejidos vegetales es un conjunto de técnicas biotecnológicas que permiten desarrollar y multiplicar tejidos de plantas e incluso obtener organismos completos en especies de interés (Angarita, 1984; Domínguez et al. 2008). Ha demostrado ser una herramienta integral y eficiente para conservación y manejo de especies amenazadas. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de dos diferentes medios de cultivo, consistencia líquida vs. semisólida y reguladores de crecimiento (RCV's) en el crecimiento *in vitro* de *A. guiengola*.

Métodos. Se utilizaron conglomerados de brotes de *A. guiengola in vitro* como explantes, seccionados en 1 cm². Se cultivaron en dos medios de cultivo diferentes con y sin RCV's: MS (Murashige y Skoog, 1962) adicionado con vitaminas L2 (Phillips y Collins, 1979), 5 mg L⁻¹ de 6-BAP (T1 y T2), y sin RCV's (T3 y T4-controles); y medio MM (composición confidencial) con RCV's (confidenciales) (T5 y T6) y sin RCV's (T7 y T8)(Tabla 1). Cada medio se preparó bajo dos consistencias: semisólida (agar 8 g L⁻¹) y líquida. Los explantes se cultivaron durante 30 días, fueron evaluados y posteriormente transferidos a otro medio de cultivo con la misma composición, pero con la consistencia opuesta durante 30 días más. Se incubaron a 27 °C ± 2 bajo un fotoperiodo de 16 hrs luz.

Tabla 1. Tratamientos

T1 MS + BAP 5mg L ⁻¹ SS	T2 MS + BAP 5mg L ⁻¹ L	T3 (control) MS SS	T4 (control) MS L
T5 MM +RCV's SS	T6 MM +RCV's L	T7 MM SS	T8 MM L

*SS= Consistencia semisólida

*L= Consistencia líquida

Se evaluó el crecimiento de los explantes (área en cm²). Las evaluaciones se realizaron a los 30 días de cada etapa (a los 30 y 60 días de cultivo).

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado: 8 tratamientos, con 5 repeticiones y 3 unidades experimentales por repetición. Los datos se analizaron mediante ANOVA y pruebas LSD $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión.

A los 30 días, los tratamientos T6 y T5 generaron el mayor crecimiento, el T3 obtuvo el menor. A los 60 días T5 tuvo el mayor crecimiento, seguido de T6. T3 igualó a T6 pero se vió influenciado por vitrificación. T1 y T4 mostraron reducción de área en segunda etapa, posiblemente por estrés de la transferencia y descompensación osmótica. La vitrificación fue mayor en tratamientos con MS y medios líquidos, medios MM generaron menos; se redujo al cambiar a medios semisólidos, indicando efecto positivo en la regulación osmótica, lo que concuerda con Debergh et al. (1981) y Saher et al. (2004). Se generó enraizamiento en los tratamientos excepto con 6-BAP, debido al efecto inhibitorio de este regulador (George et al. 2008), especialmente en los medios MM y MS sin reguladores hubo mayor generación de raíces.

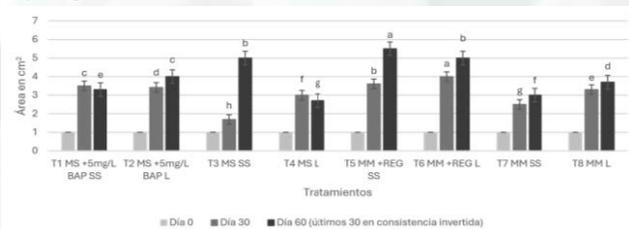


Fig. 1. Tamaño de explantes *Letras distintas entre barras del mismo color indican diferencias estadísticas

Conclusiones. Medio modificado (MM) con RCV's generó el mayor crecimiento de explantes en ambas etapas, además de enraizamiento y menor vitrificación. Esta investigación sienta las bases del comportamiento *in vitro* de *A. guiengola* y opciones viables para futuras investigaciones y estrategias que abonen a su recuperación y aprovechamiento.

Agradecimientos. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Referencias.



EL POTENCIAL EMBRIOGÉNICO DE *Agave valenciana*

Lourdes Delgado-Aceves, Lorenza Mc Mullen, Santiago Corona, Antonia Gutiérrez-Mora
Unidad de Biotecnología Vegetal Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, 45019, Jalisco, Mexico. (33) 3345 52 00.

*correspondencia: agutierrez@ciatej.mx

Palabras clave: raicilla, conservación, embriogénesis

Introducción. *Agave valenciana* es una especie endémica de una región de Mascota, Jalisco (Cházaro & A. Vázquez, 2005). Este agave es utilizado para la producción de “raicilla de la sierra”, conforme a lo establecido en la Denominación de Origen Raicilla (Cházaro-Basáñez et al., 2014; Diario Oficial de la Federación, 2019). La recolección intensiva ha provocado una drástica reducción de sus poblaciones silvestres, lo que ha llevado a su clasificación en la categoría de peligro de extinción (IUCN, 2019). Las estrategias de reproducción sexual y asexual ya no son suficientes para garantizar su supervivencia en su hábitat natural. En este contexto, se ha explorado la embriogénesis somática (ES) como una alternativa biotecnológica para apoyar su conservación y propagación. La ES se plantea como una tecnología eficiente para la multiplicación in vitro de especies vegetales, mediante la exposición de embriones cigóticos a reguladores de crecimiento como auxinas y citoquininas (Portillo et al., 2007; Delgado-Aceves et al., 2021; Rai et al., 2022; Ángeles-Vázquez et al., 2023).

Métodos. Se recolectaron semillas de *A. valenciana* durante dos diferentes temporadas (2023 y 2024) para demostrar su viabilidad. Se obtuvieron los embriones cigóticos para inducir la ES en un medio suplementado con reguladores como auxinas y citoquininas en diferentes concentraciones. Se evaluó la formación de callo en los embriones, seleccionando el tratamiento más efectivo. Después se realizó un segundo ensayo con concentraciones intermedias para confirmar su reproducibilidad (Fig 1).

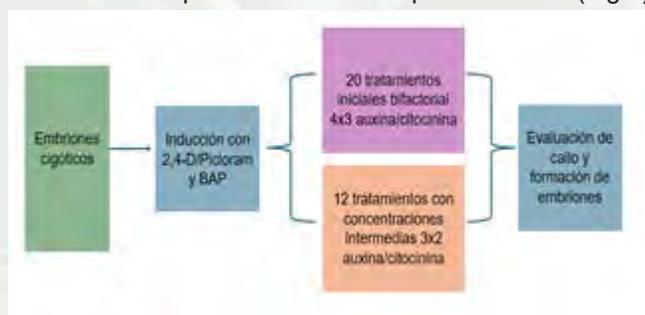


Fig. 1. Diagrama de la fase experimental

Resultados y discusión. La embriogénesis somática indirecta obtenida se atribuye al uso de auxinas en concentraciones específicas: 2,4-D a 13.57 μM y picloram a 28.98 μM , en combinación con BAP a 2.22 y 4.44 μM , respectivamente. Estos resultados destacan la importancia de ajustar con precisión los reguladores de crecimiento. Las

divisiones asimétricas observadas en los callos indican un origen unicelular, mientras que la morfología y desarrollo de los embriones fueron consistentes con lo reportado para el género *Agave* (Portillo et al., 2007; Delgado-Aceves et al., 2021; Ángeles-Vázquez et al., 2023).

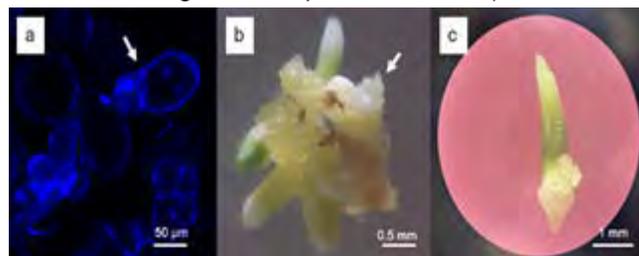


Fig. 2. Embriogénesis somática en *Agave valenciana* a) División asimétrica (flecha blanca) b) Embriones somáticos en diferentes etapas (globular flecha blanca) c) Conversión de embrión somático

Conclusiones. Los resultados de este proyecto evidenciaron que las combinaciones de tratamientos con diferentes hormonas fueron eficientes. Al mismo tiempo, es una técnica que representa una alternativa eficaz para enfrentar los problemas de reproducción de *A. valenciana*. Hubo un uso adecuado de los reguladores y un ajuste de las condiciones del cultivo para obtener los parámetros claves para inducir callo embriogénico y así promover su desarrollo. Todo esto nos ayuda a superar las limitaciones de la reproducción de la especie y así abrir nuevas posibilidades para la restauración y manejo de la especie *Agave*.

Agradecimientos. Agradezco al SECHITHI por el apoyo otorgado para el desarrollo de este trabajo, así como al Laboratorio de Biotecnología Vegetal PLANTECC por las facilidades brindadas para la realización de los experimentos y el uso de sus instalaciones.

Referencias.



FIRST FIELD TRIAL OF AGAVE FOR BIOFUELS IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

Wagner dos Reis^{ab}; Fábio Raya^{ab}; Sávio Justino^b; Gabrielle Cassiano^a; Rafael Ribeiro^b; Ana Soares^c; Denison Fernandes^a; Gonçalo Pereira^{a*}; ^aLab. of Genomics and BioEnergy (LGE), ^bLab. of Crop Physiology (LCroP), ^cBioagri; goncalo@unicamp.br

Keywords: Agave; Biomass; Brazil

Introduction. Traditional biofuel crops have become increasingly vulnerable to extreme climate events. The Agave genus stands out as a promising alternative for bioethanol production in arid regions due to its adaptation to water stress¹.

This study aims to evaluate the agronomic, physiological, and biochemical performance of 13 *Agave* accessions (Figure 1) under three irrigation regimes (0%, 50%, and 100% of crop evapotranspiration, ET_c) in the Brazilian semi-arid region. The goal is to identify high-performing materials for biomass and biofuel production.

Methods. The study will evaluate Agave growth and productivity over a two-year period in the Brazilian semi-arid region of Jacobina, Bahia, using 10 morphophysiological parameters, including fresh and dry biomass quantification. The ecophysiological characterization will include analyses of photochemical activity (F_v/F_m and ΦPSII), water status, and water use efficiency (WUE). Fructans (inulins, neofractans, and agavins) in stems will be quantified and characterized. Root mycorrhizal colonization and its relationship with plant performance will also be assessed. Finally, accession genotyping will be performed via ddRAD-seq to identify SNPs associated with traits of interest, integrating phenotypic and genomic data.

Results and discussion.



Fig. 1. 13 *Agave* accessions evaluated in the study, growing under field conditions in Jacobina, Bahia, Brazil

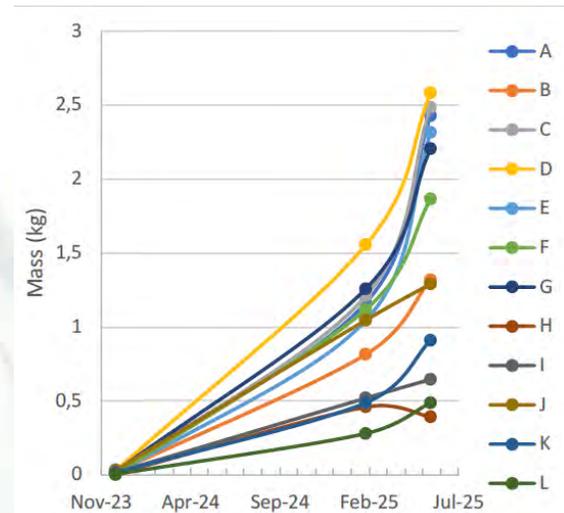


Fig. 2. Dry mass variation among 13 *Agave* accessions at three developmental stages under ambient field conditions (month 0, 15 and 18). Letters correspond to species labels in Figure 1

Conclusions. Biomass production stood out in commercially utilized accessions such as *Agave tequilana* (A; used for tequila production in Mexico), *A. sisalana* (E), and the 400 Leaves hybrid (G; grown for fiber in Brazil), as well as *A. amaniensis* IAC3 and *Agave* sp. IAC4 (C and D; developed through IAC's historical Agave breeding program in Brazil)². However, biomass alone does not determine biofuel suitability. A longer evaluation period and future biochemical and photochemical analyses may help identify cultivars with optimal agronomic and biotechnological potential.

Acknowledgements. This work is supported by the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP) in association with Shell Brasil Petróleo Ltda, through investments from the PD&I Clauses.

References.

- Yan, X. et al. (2020). Agave: A promising feedstock for biofuels in the water-energy-food-environment (WEFE) nexus. *J. of Clear Prod.* v. 261.
- Raya, F. T. et al. (2023). Rescuing the Brazilian Agave breeding program: morphophysiological and molecular characterization of a new germplasm. *Front. Chem. Eng.* v.5

EFFECT OF AUXINS ON THE *IN VITRO* ESTABLISHMENT AND DIRECT ORGANOGENESIS OF AGAVE HYBRID 11648

Débora Alves¹, Camila Cabral^{1,2*}, Pollyana Silva¹, Juliet de Souza¹, Gonçalo Amarantes¹

¹Laboratory of Genomics and BioEnergy (LGE), Department of Genetics, Evolution, Microbiology and Immunology, University of Campinas (Unicamp), Campinas, Brazil; ² Interinstitutional Graduate Program in Bioenergy (USP/ UNICAMP/UNESP), Cidade Universitária, Campinas/SP Brazil.

*Corresponding author e-mail: c272506@dav.unicamp.br

Keywords: Tissue culture; Protocol development; Micropropagation

Introduction. *Agave* H11648, a hybrid of high economic relevance to Brazil's sisal industry, faces propagation challenges due to its susceptibility to phytopathogens, long life cycle, and monocarpic nature. Thus, *in vitro* culture presents a promising alternative for the rapid production of healthy plantlets, highlighting the need for efficient tissue culture protocols for this hybrid.

Therefore, the present project aims to investigate the effect of auxins on the establishment of *Agave* H11648 explants with an emphasis on multiplication through direct organogenesis.

Methods. Bulbils of *Agave* H11648 collected from Conceição do Coité, Brazil, were prepared and introduced into culture following the protocol by Cabral (2024)(1). Explants were grown on MS medium supplemented with 30 g/L sucrose and 6.5 g/L agar. Treatments included 2,4-D (0.11 mg/L), picloram (0.029 mg/L), and NAA (0.5 mg/L), each combined with 1 mg/L BA, as well as controls with BA alone and hormone-free MS. Each condition included 20 explants. Rooting was conducted on hormone-free MS medium, followed by acclimatization in a 1:1 mixture of organic substrate and perlite. Explant response, fresh weight, and acclimatization success were assessed. To compare means, Tukey Multiple Comparison test followed by two-way ANOVA were used, p value lower than 0,05 was considered significant.

Results and discussion.

Table 1. Effect of auxins on shoot Induction and fresh weight. Means followed by standard deviation, different letters mean statistical significance

condition	Total shoots	shoots/ explants	total fresh weight (g)	fresh weight/ plant (g)
2,4-D + BA	38	a1,65 ± 0,31	78,61	a3,42 ± 1,31
NAA + BA	31	b1,24 ± 0,32	71,6	a3,14 ± 0,70
PIC+BA	19	b1,0 ± 0,22	82,7	a4,14 ± 0,54
BA	24	b1,33 ± 0,18	45,34	a4,38 ± 0,58
MS	13	b1,0 ± 0,1	20,36	a4,38 ± 0,58

Bulbils responded differentially to auxin-cytokinin combinations: the PIC + BA formulation induced the earliest signs of apical growth, while NAA + BA and 2,4-D + BA were linked to callus formation, root-like structures (Fig 1D) and probable somatic embryogenesis (FIG 1A). MS medium without

regulators fostered root and shoot formation concomitantly (FIG 1B). Oxidative damage over time were observed in all conditions tested (FIG 1E). The use of 2,4-D + BA resulted in higher shoot formation with several conglomerates of shoots being noticed (table 1, Fig 1F). BA alone and PIC + BA also resulted in conglomerate formation (FIG 1C and 1G).



Figure 1. Different morphology: A – 2,4-D + BA; B – MS; C – BA; D – NAA + BA; E – MS; F 2,4-D + BA; G – PIC + BA; H – acclimated plants.

In contrast, protocols using axillary shoots or floral stems (2,3) demonstrated higher regenerative potential and lower contamination rates. These studies also varied in their auxin preferences: NAA and IBA were more frequently employed for rooting phases, while 2,4-D favored embryogenic callus induction. In comparison to indirect organogenesis (4), the present protocol obtained less shoots, however, indirect organogenesis tends to avoid somaclonal variations. Rooting occurred successfully in MS media and 95% of plants survived acclimatization (Fig 1H).

Conclusions. The present protocol showed promise in its simplicity and initial responsiveness, especially with the 2,4-D + BA formulation. Antioxidant strategies allied with shoot induction phases are promising approaches for high productivity.

Acknowledgements. This work was funded by the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP) in association with Shell Brasil Petróleo Ltda, with investments from the PD&I Clauses, for the Brazilian Agave Development Program (BRAVE) (research agreements 23018 5/22857-7).

References:



ANÁLISIS AFLP DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA EN CLONES DE AGAVE HÍBRIDO 11648

Elia Ballesteros Rodríguez*, María José García Castillo, Fabiola Escalante Erosa, Lorenzo Felipe Sánchez Teyer.

*Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Teléfono: (999) 981 3921, E-mail: ely_br_2002@yahoo.com.mx

Palabras clave: AFLP, Agave, Propagación clonal

Introducción. La propagación clonal del Agave ha traído como consecuencia una pérdida de diversidad genética en los cultivos, incrementando su vulnerabilidad a diversos patógenos. El Agave híbrido 11648 (H11648), principal variedad cultivada a nivel mundial para la producción de fibra, se propaga predominantemente mediante vástagos clonales.

El objetivo de este estudio fue determinar la variabilidad genética entre plantas madre y sus vástagos clonales del Agave híbrido 11648 empleando marcadores moleculares de polimorfismo de la longitud de fragmentos amplificados (AFLP).

Métodos. Se recolectaron muestras de plantas madre de H11648, junto con sus vástagos clonales, en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), en Mérida, Yucatán. La extracción de ADN se realizó siguiendo el protocolo de Echevarría-Machado et al. (1), con adaptaciones menores. El análisis AFLP se llevó a cabo conforme al método de Vos et al. (2). Los datos fueron analizados con GeneMarker® v1.75 y agrupados mediante UPGMA en NTSYSpc®. La variabilidad genética se evaluó mediante AMOVA a partir de 586 marcadores AFLP utilizando el software GenAlEx 6.

Resultados y discusión. El promedio de polimorfismo fue de 40 %. El AMOVA mostró que el 55 % de la variación genética se concentra entre plantas madre y vástagos, mientras que el 45 % restante se encuentra dentro de cada grupo, con una diferenciación genética significativa ($\Phi_{ST} = 0.455$, $p = 0.0001$). Los índices de diversidad, como el índice de Shannon ($H = 0.226$) y la heterocigosidad esperada ($H_e = 0.153$), confirman una baja diversidad genética, atribuible a la reproducción clonal predominante en este híbrido. Se observaron diferencias en los patrones de bandas que evidencian una variabilidad genética moderada, con potencial para la selección de material genético. Estos resultados coinciden con lo reportado en A. tequilana (3). Además, Ruiz-Mondragón et al. (4), al analizar plantas maduras de A. tequilana en Jalisco, obtuvieron un valor de $H_e = 0.120$, similar al presente estudio. Estos hallazgos resaltan la importancia de desarrollar estrategias de mejoramiento genético para agaves clonales.

Conclusiones. La baja diversidad genética en Agave H11648 se atribuye a su propagación clonal, lo que conlleva riesgos como una menor capacidad de adaptación al ambiente y una mayor vulnerabilidad a enfermedades. Esta información es fundamental para diseñar estrategias

que promuevan la generación de plantas más resistentes y mitiguen los efectos negativos de la clonación.

Agradecimientos. Este trabajo fue financiado por el proyecto CF-2023-I-1877. EBR y MJGC agradecen el apoyo recibido a través del Programa de Estancias Posdoctorales por México, convocatorias 2022 (3) y 2023 (1), otorgado por la SECIHTI.

Referencias.

1. Echevarría-Machado, I., Sánchez-Cach, L. A., Hernández-Zepeda, C., Rivera-Madrid, R. & Moreno-Valenzuela, O. A. (2005). A simple and efficient method for isolation of DNA in high mucilaginous plant tissues. *Mol Biotechnol.* 31(2):129-135.
2. Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijmans, M., Van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J. & Kuiper, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23(21):4407-4414.
3. Torres-Morán, M. I., Velasco-Ramírez, A. P., Hurtado-de la Peña, S. A., Rodríguez-García, A. & Mena-Munguía, S. (2013). Variability and genetic structure in a commercial field of tequila plants, Agave tequilana Weber (Agavaceae). *American J Agric Biol Sci.* 8(1):44-53.
4. Ruiz Mondragon, K. Y., Aguirre-Planter, E., Gasca-Pineda, J., Klimova, A., Trejo-Salazar, R. E., Reyes Guerra, M. A., Medellín, R. A., Piñero, D., Lira, R. & Eguiarte, L. E. (2022). Conservation genomics of Agave tequilana Weber var. azul: low genetic differentiation and heterozygote excess in the tequila agave from Jalisco, Mexico. *PeerJ.* 10: Article e14398.

DETERMINACIÓN DE LA HORA MITÓTICA EN *Agave attenuata* (Asparagaceae) MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MERISTEMOS RADICULARES

Elias Manuel Barocio-Ramos^{1*}, José Manuel Rodríguez-Domínguez¹.

¹Unidad de Biotecnología Vegetal. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). Camino Arenero 1227, El Bajío, CP. 45019, Zapopan, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: embr8669@gmail.com, Tel. +52 3334051644

Palabras clave: Cariotipo, Índice mitótico, Metafase

Introducción. Las preparaciones metafásicas con cromosomas dispersos son fundamentales para los análisis citogenéticos de plantas, a fin de facilitar el conteo de cromosomas, construir cariotipos, y determinar los niveles de ploidía, información útil en programas de mejoramiento genético (1); para ello se deben de implementar metodologías para incrementar el número de metafases en dichas preparaciones, siendo una de las principales la determinación de la hora del día en que la mitosis ocurre con mayor frecuencia en una determinada especie (2,3).

El objetivo del trabajo fue determinar la hora mitótica del ciclo celular en que se presentan más metafases en ápices radiculares de *Agave attenuata*.

Métodos. Los ápices radiculares se obtuvieron de plantas de *A. attenuata* pertenecientes a una colección in vivo mantenida en el Agavetum del CIATEJ, las plantas se colectaron en el municipio de Tapalpa, Jalisco. Se tomaron muestras cada hora de 6:00 a 20:00 hrs, los meristemos radiculares se colocaron en solución de metanol:ácido acético (3:1). Las preparaciones cromosómicas se realizaron por la técnica de Squash, se tiñeron con acetorceína al 2%, se observaron al microscopio y se determinó el índice mitótico (metafásico) mediante la fórmula:

$$IM = \frac{\text{No. células en metafase}}{\text{No. células en mitosis}} \times 100$$

Resultados y discusión. Al observar las preparaciones cromosómicas al microscopio se identificaron las distintas fases de la mitosis en *A. attenuata*: profase, metafase, anafase y telofase (Figura 1). Después de analizar la cantidad de metafases en cada muestra, se construyó una gráfica (Figura 2) que muestra el porcentaje de metafases presentes en cada hora de muestreo, encontrándose un pico en la cantidad de metafases observadas a las 9:00 hrs, esto coincide con lo publicado para otra especie del género *Agave* (4). En las horas siguientes se observó una reducción en el número de metafases llegando a un mínimo entre las 14:00 y 20:00 hrs.

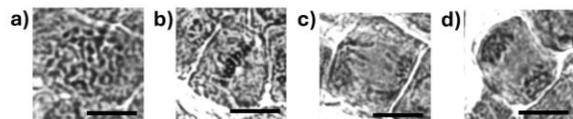


Fig. 1. Fases de la mitosis en *Agave attenuata*: a) profase, b) metafase, c) anafase, d) telofase. Barra=10µm

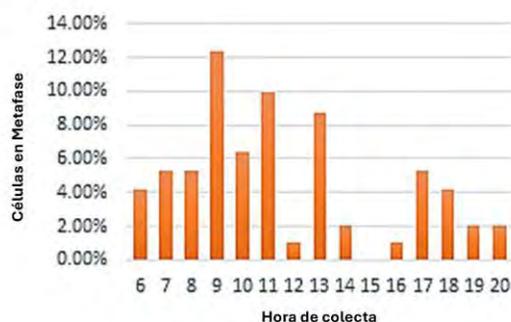


Fig. 2. Porcentaje de células en metafase de *Agave attenuata* por cada hora

Conclusiones. Se concluye que la hora mitótica donde se presenta el mayor número de metafases para la especie *A. attenuata* es a las 9:00 a.m.

Agradecimientos. Laboratorio Nacional PlanTECC.

Referencias.



ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGAVE HÍBRIDO *SALMIANA X AMERICANA*

Oscar Campos-Herrera, Leopoldo González-Cruz, Norma Leticia Flores-Martínez, Rosa Isela Ortiz-Basurto y Aurea Bernardino-Nicanor

Tecnológico Nacional de México/IT de Tepic, Av. Tecnológico 2595, Fracc. Lagos del Country, C.P. 63175, Tepic, Nayarit, México; Tecnológico Nacional de México/IT de Celaya. Antonio García Cubas Pte. #600 esq. Av. Tecnológico. C.P. 38010. Celaya. Guanajuato. México.
aurea.bernardino@itcelaya.edu.mx

Palabras clave: híbrido, agaves, hojas

Introducción. Los agaves, miembros de la familia *Agavaceae*, son plantas monocárpicas, hermafroditas y monocotiledóneas (1). Aunque existen diversos estudios sobre especies de agave, pocos se han enfocado en los híbridos. Por ello, este proyecto tuvo como objetivo caracterizar físicoquímicamente un híbrido de *Agave salmiana x Agave americana*, para identificar posibles cambios derivados de la hibridación que puedan influir en su uso

Métodos. Metodología establecida en el AOAC de 1995 (humedad 925.05, proteína 955.04, extracto etéreo 920.39, cenizas 923.03 y fibra 962.09).

Resultados y discusión. El análisis químico proximal de hojas de agave reveló diferencias estadísticamente significativas en función de su posición en la roseta y la edad de la planta.

Tabla 1: Análisis químico proximal de agave híbrido

	Hoja	Edad	
		8 años	9 años
Humedad	Joven	86.07 ± 0.54	87.167 ± 0.29
	Media	92.13 ± 0.60*	87.25 ± 0.5
	Basal	85.91 ± 0.64*	87.667 ± 0.58
Proteína	Joven	12.72 ± 0.61*	8.692 ± 0.02
	Media	6.88 ± 0.99*	10.856 ± 0.04
	Basal	7.02 ± 0.65	6.519 ± 0.02
Extracto etéreo	Joven	11.74 ± 0.65*	9.755 ± 0.24
	Media	12.15 ± 0.39*	10.799 ± 0.32
	Basal	10.82 ± 0.29	10.278 ± 0.19
Cenizas	Joven	4.36 ± 0.012*	15.860 ± 0.13
	Media	4.34 ± 0.012*	11.646 ± 0.2
	Basal	4.33 ± 0.035*	14.649 ± 0.25
Fibra	Joven	9.93 ± 0.042*	17.792 ± 0.12
	Media	6.01 ± 0.042*	19.512 ± 0.23
	Basal	3.62 ± 0.480*	15.452 ± 0.35

Las hojas medias de agaves de ocho años presentaron el mayor contenido de humedad, posiblemente debido a las condiciones climáticas al momento de la recolección (2). En contraste, las hojas jóvenes mostraron mayor contenido de proteína, mientras que el extracto etéreo fue más alto en hojas medias, con diferencias respecto a las hojas de nueve años.

También se observaron variaciones en cenizas y fibra, lo que indica que la composición química depende del desarrollo ontogénico y de la posición foliar en la roseta. Los valores obtenidos superan los reportados para *Agave salmiana* y *A. tequilana*, donde se han registrado contenidos proteicos de 5.1 % y extracto etéreo menor al 1 % (3), además de humedad del 81 %, 2 % de cenizas y 10 % de fibra en *A. tequilana*, todos menores a los de este estudio (4). El alto contenido de extracto etéreo en hojas medias podría deberse a la presencia de terpenos y ácidos grasos de cadena larga. Finalmente, la baja concentración de nitrógeno y la alta relación C:N indican una lenta mineralización, siendo el agave una fuente rica en fibra y minerales, pero limitada en proteínas (5).

Conclusiones. Las hojas del híbrido *Agave salmiana/ americana* son más grandes que las de sus especies parentales, destacando las hojas medias de 9 años por su mayor área foliar. La composición química varía según la edad y posición en la roseta, con mayor proteína en hojas jóvenes de 8 años, extracto etéreo en hojas medias, por otro lado, en cenizas y fibra en hojas del agave de 9 años.

Agradecimientos. Becas doctorado de CONAHCYTMéxico con número 1011248.

Referencias.

- Chagua, P, Malpartida, R.J., y Ruíz, A. (2020). Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de capacidad antioxidante de aguamiel de *Agave americana* L., *Rev. investig. altoandín*, 22(1), 45-57.
- Jiménez-Muñoz, R., Peña-Valdivia, C. B., & Trejo, C. (2016). Physiological and biochemical responses of *Agave salmiana* to water stress. *J. Plant Physiol.* 195, 1–10.
- Ortiz-Torres, M., Peña-Valdivia, C. B., & Márquez-Guzmán, J. (2014). Chemical composition and digestibility of *Agave salmiana* and *Agave tequilana*. *Ind. Crops Prod.* 54, 37–45.
- Montañez-Soto, J. L., García-Mateos, R., & Rocha-Guzmán, N. (2011). Caracterización nutricional de hojas de *Agave tequilana* Weber var. azul. *Rev. Fitotec. Mex.*, 34(3), 199–204.
- Peña-Valdivia, C. B., Sánchez-Urdaneta, A. B., & Martínez-Gallardo, N. A. (2006). Nitrogen metabolism and growth of *Agave* under water deficit. *Environ. Exp. Bot.*, 55(3), 306–316.

Agave spp. SEED CRYOPRESERVATION BY DIRECT IMMERSION IN LIQUID NITROGEN

Santiago Corona, Lorenza Mc Mullen Godínez, Liberato Portillo, Lourdes Delgado-Aceves*.

*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Biotecnología Vegetal, Zapopan 45019, Jalisco, México; Teléfono: (33)3345 5200 Ext.2029, Correo: madelgado_pos@ciatej.edu.mx.

Keywords: *Ex situ conservation, liquid nitrogen, maguey germplasm*

Introduction. Cryopreservation is the only viable option for the long-term storage of germplasm for species with recalcitrant seeds [1]. Exploring successful protocols to preserve said germplasm is crucial, especially when it comes to endangered or economically important species. That is the case with a lot of Agave species, like *A. guiengola*, listed in the NOM-059-SEMARNAT-2010 [2].

In this work we aimed to test the survival of seeds of three Agave species to cryopreservation by direct immersion in liquid nitrogen.

Methods. Seeds of three Agave species were used: *A. stricta*, *A. isthmensis* and *A. guiengola*. For each species, both old (1, 6 and 8 years old respectively) and new (less than one year old) seeds were used to evaluate if there was a decrease in viability.

First, we measured the viability of old and new seed lots using the tetrazolium test. Then, moisture content of each new seed lot was assessed, following the International Seed Testing Association (ISTA) guidelines [3], to ensure it was below 10% to survive cryopreservation.

Once both moisture content below 10 % and viability were confirmed, seeds were directly immersed in liquid nitrogen for 72 h. After that time, seeds were taken out of liquid nitrogen and let to reach ambient temperature, then, both cryopreserved and control seeds were soaked in sterile water for 24 h and placed in adequate conditions to compare germination rate.

Statistical analysis was carried out using an ANOVA and a Tukey's HSD in R version 4.4.1 [4].

Results and discussion. Tetrazolium tests confirmed seed recalcitrance for the three species (Fig. 1)

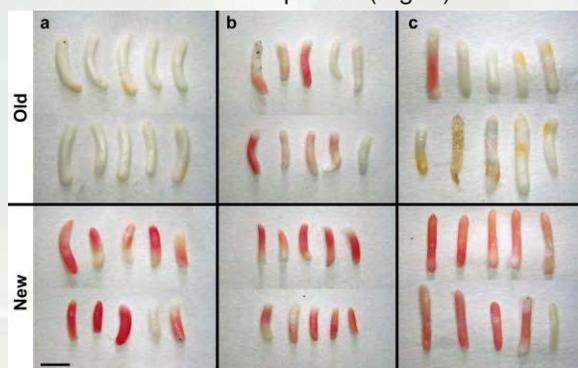


Fig. 1. Tetrazolium-stained embryos. A) *A. guiengola*, B) *A. stricta*, C) *A. isthmensis*. Bar = 2 mm.

All three species had a moisture content of less than 10 %, making them fit for cryopreservation.

Germination tests showed no significant differences ($p=0.204$) between the germination rate of control versus cryopreserved seeds in any of the three species (Fig. 2).

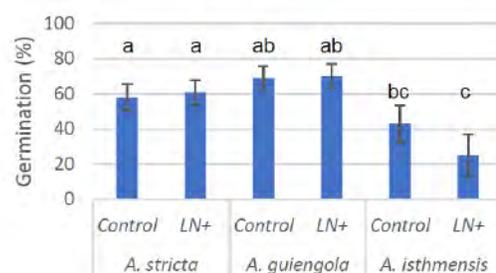


Fig. 2. Germination rate of control and cryopreserved (LN+) seeds. Bars show standard deviation. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey's HSD).

Conclusions. These three Agave species showed potential for their seed cryopreservation. We suggest further studies, using longer immersion times to test if there could be a decrease in viability while the seeds are cryopreserved.

Acknowledgements. We would like to thank the Jardín Etnobotánico de Oaxaca for providing the seeds used in this investigation.

References.

- Nagel, M., Pence, V., Ballesteros, D., Lambardi, M., Popova, E., Panis, B. (2024). Plant cryopreservation: Principles, applications, and challenges of banking plant diversity at ultralow temperatures. *Annual Review of Plant Biology*, 75, 797-824.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- International Seed Testing Association. (2021). *International rules for seed testing 2021*. ISTA.
- R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

EL POTENCIAL DEL *Agave* COMO SISTEMA MODELO PARA LA INNOVACIÓN EN MICROPROPAGACIÓN, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

Lourdes Delgado-Aceves. Unidad de Biotecnología Vegetal Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, 45019, Jalisco, México. (33) 3345 52 00.

*Autor de correspondencia: madelgado_pos@ciatej.edu.mx

Palabras clave: germoplasma, cultivo in vitro, herramientas moleculares

Introducción. El género *Agave*, con más de 210 especies adaptadas a regiones áridas de América, destaca como modelo en biotecnología vegetal por su valor ecológico y económico (Alducín-Martínez et al., 2023; García-Mendoza et al., 2019). Gracias a los recientes avances en cultivo *in vitro*, crioconservación y genómica, *Agave* se posiciona como referente en la aplicación de soluciones biotecnológicas para cultivos estratégicos frente a retos globales como el cambio climático y la seguridad alimentaria (Bautista-Montes et al., 2022). Este trabajo presenta una revisión crítica de los principales desarrollos e innovaciones en estas tres áreas clave, posicionando al *Agave* como un sistema de referencia para el estudio e implementación de tecnologías aplicadas a cultivos con potencial estratégico en escenarios de cambio climático y seguridad alimentaria.

Métodos. Se realizó la búsqueda y conceptualización de trabajos publicados entre 1990 y 2025 (40 años); con énfasis en estudios experimentales sobre *Agave* spp., metodologías validadas y aplicaciones prácticas. Exclusión: publicaciones sin revisión por pares, estudios no aplicables al género *Agave* o centrados exclusivamente en biología básica sin conexión a micropropagación, conservación o mejoramiento. Toda la información recuperada fue organizada en matrices temáticas, evaluando la validez metodológica, las especies involucradas, la aplicabilidad de las técnicas, los resultados obtenidos.

en diversidad y genómica. La transgénesis es marginal y CRISPR/Cas9 aún no se ha aplicado, pero se vislumbra como próxima herramienta.



Conclusiones. *Agave* spp. representa un sistema modelo altamente relevante para la innovación en propagación, conservación y mejoramiento de cultivos, especialmente en contextos de resiliencia climática y diversificación productiva. El desarrollo y aplicación de tecnologías *in vitro*, junto con estrategias de conservación integradas, permiten no solo la protección del recurso genético, sino también su aprovechamiento sostenible.

Agradecimientos. Extendemos nuestro sincero agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECTI) por el apoyo financiero brindado a través del programa de becas postdoctorales.

Referencias.



Fig. 1. Diagrama integrador de los principales desarrollos biotecnológicos aplicados al género *Agave*

Resultados y discusión. De las 210 especies de agave, el 54% presenta estatus de conservación a corto plazo. El 20.46% cuenta con avances en micropropagación. Existen bases moleculares consolidadas con estudios

ESTRATEGIA DE REGENERACION DE ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS BASADA EN LA PLANTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGAVE Y MEZQUITE: CASO HACIENDA ZAMARRIPA, S. L. PAZ GUANAJUATO

José Flores González; Juan T. Frías Hernández Rancho Hacienda Zamarripa, Palomas No.7 Col. El Pueblito, Querétaro, Qro. jtfrias56@gmail.com

Palabras clave: regeneración, zonas áridas, agaves

Las zonas áridas y semiáridas ocupan cerca del 60% de la superficie total en México, estas se ubican principalmente en el N del país y se caracterizan por la escasa precipitación, sequías prolongadas, temperaturas extremas y en general una baja productividad agropecuaria. En la gran mayoría de estas regiones la ganadería extensiva es una de las actividades productivas con mayor presencia y arraigo desde la introducción de hatos ganaderos traídos de Europa al continente americano. Esta actividad junto a otras prácticas extractivas ha ocasionado graves daños a los ecosistemas impactando negativamente el suelo, vegetación, recursos hídricos, biodiversidad y otros.

En 2006 se inició la implementación de una estrategia de regeneración de suelo, agua, vegetación y biodiversidad en un predio de 90 has del Mpo. de San Luis de la Paz, Gto. con características típicas de zona árida basada inicialmente en la plantación de 21,000 plántulas de diferentes especies de Agave (*americana*, *salmiana crassispina*, *tequilana*, *mapisaga*) en 10 has (2,200 agaves/ha) de las cuales solo prosperó *A. americana*; en 2008 se realizó también la siembra de una mezcla de pastos (*Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *Buchloe dactyloides*, *Cenchrus ciliaris* y *Chloris gayana*) a razón de 18 kg/ha esto en solo 60 has; a los 6 años después de la plantación de Agave se inició también la plantación de mezquite (*Prosopis laevigata*) (520 plantas/ha) así, de esta forma se fueron plantando 10 has cada año con agaves y mezquites hasta completar 84 que son las actuales, ya utilizando, en el caso de los Agaves, hijuelos propios de las primeras plantaciones. Previo a las plantaciones se realizaron obras de conservación de suelo y agua que consistieron en subsoleo a 60 cm de profundidad y donde las condiciones de suelo lo permitieron, se aplicó rastra con arado de discos un año antes de plantar, esto para propiciar que la mayoría del agua de lluvia se infiltrara y se conservara en el subsuelo. Una vez establecidos los Agaves el manejo de los mismos consistió en realizar podas anuales de pencas basales (20% en cada maguey) a partir del año tres del establecimiento y convertir esta biomasa en forraje fermentado (ensilaje). Esta práctica tiene dos beneficios, la cosecha de biomasa forrajera aumenta considerablemente la capacidad de alimentar animales rumiantes (Bovinos, Ovinos, Caprinos) y la renovación de tejido fotosintético en los Agaves que hace que estos aumenten con el tiempo su producción.

Actualmente también se agrega a la dieta de los animales renuevos de mezquite para aumentar la proteína en

esta y el consumo directo de pastos pues los Rumiantes pastorean 5 hs al día.

Es importante también mencionar que los niveles de precipitación anual en el predio son del orden de los 328 mm promedio con extremos de 550 en 2016 y 121 en 2023 durante el período señalado.

Resultados. En la tabla 1 se muestran los resultados que reflejan la capacidad de mantenimiento de animales rumiantes durante un período de 20 años donde se puede observar en cada quinquenio un notable aumento en la productividad partiendo de una capacidad de mantener 2 U.A (2005) antes de iniciar la estrategia hasta poder mantener 364 U.A. en este año (2025).

Tabla 1.- Coeficiente de Agostadero y Numero de Unidades Animal que se pueden mantener en diferentes años en un predio de 90 has de Zonas Aridas con la plantación y aprovechamiento de Agave americana, Mezquite y pastos

2005	2010	2015	2020	2025
45 ha/Ua (2)	0.81ha/UA (73)	1.52 UA/ha (137)	2.3UA/ha (207)	4.05UA/ha (364)

Conclusiones. Esta estrategia AGROSILVOPASTORIL basada en la plantación de Agaváceas y Mezquite mas obras de conservación de suelo y agua ha demostrado fehacientemente ser una herramienta apropiada de REGENERACION en zonas áridas y semiáridas aumentando notablemente los índices productivos de mantenimiento de rumiantes.

ESTUDIO EVOLUTIVO DEL CARIOTIPO BIMODAL EN AGAVE Y ESPECIES ANCESTRALES POR HIBRIDACIÓN GENÓMICA *IN SITU*

María José García Castillo, Fabiola Escalante Erosa, Elia Ballesteros Rodríguez, Luis Carlos Rodríguez Zapata, Lorenzo Felipe Sánchez Teyer*.

Unidad de biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, CP. 97200, Mérida, Yucatán, México.

*mjgc.2589@gmail.com ,santey@cicy.mx.
 Palabras clave: Cariotipo bimodal, Agave, GISH

Introducción. El género *Agave* L., pertenece al orden Asparagales, tiene una antigüedad estimada entre 7.8 y 10.1 millones de años. Dentro del clado agavoide (1), que agrupa 15 géneros, 10 presentan un cariotipo bimodal con 5 cromosomas grandes y 25 pequeños. Se ha propuesto que este patrón resulta de la fusión de dos genomas ancestrales, seguido de eventos evolutivos como duplicaciones, reordenamientos cromosómicos y poliploidía. La hibridación genómica *in situ* (GISH), ha sido clave para estudiar estos procesos en híbridos y alopoliploides como en *Nicotiana tabacum*, *Triticum* y *Gossypium*.

El objetivo de este trabajo es emplear GISH para analizar la interacción entre genomas ancestrales con cariotipos bimodales y unimodales en cromosomas de Agave.

Métodos. La preparación de células en metafase se llevo a cabo de acuerdo a lo descrito por Robert et al. (2), el marcaje de las sondas de ADN genómico se realizó por Nick Translation para la incorporación de Biotina 16-dUTP empleando el kit para marcaje con biotina (Roche). La hibridación genómica *in situ* se realizó de acuerdo al método descrito por Lengerova et al. (3), con modificaciones. Las preparaciones fueron analizadas en un microscopio de epifluorescencia Carl Zeiss Axioplan y las imágenes se capturan mediante una cámara AxioCam MRm y el software AxioVision de Carl Zeiss. Las imágenes fueron procesadas en los parámetros de curvas de nivel y brillo y contraste en el programa Photoshop versión 25.3.1.

Resultados y discusión. La hibridación del ADN genómico de la especie ancestral se observó en todos los cromosomas de Agave (Fig. 1), incluyendo tanto los cromosomas grandes como los pequeños que conforman el cariotipo bimodal. El análisis de la cobertura genómica reveló un patrón de hibridación heterogéneo, con señales de distinta intensidad distribuidas en ambos tipos de cromosomas. En otras especies, empleando GISH se ha podido identificar la parte del componente genómico de especies parentales donde claramente uno de los parentales hibrida en una parte de los cromosomas en metafase (4). El perfil de hibridación observado en el presente trabajo, sugiere una gran conservación de él genoma evaluado y aporta evidencia que descarta, al menos parcialmente, la hipótesis de la alopoliploidía como origen del cariotipo bimodal en *Agave*.

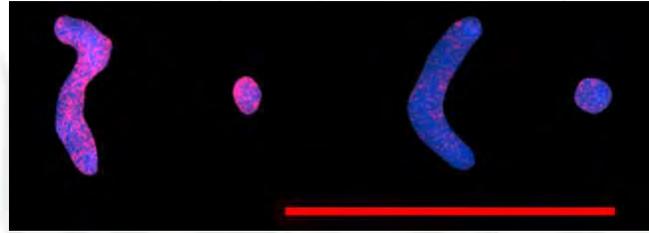


Fig. 1. Perfil de hibridación genómica *in situ* del genoma ancestral en el componente bimodal de Agave híbrido H11648 (cromosomas en metafase teñidos con DAPI (azul) y el ADN genómico de la especie ancestral detectado con estreptavidina-Cy3 (Rosado). La barra de escala representa 10 μ m.

Conclusiones. La presencia y cobertura de hibridación del ADN de una especie ancestral en cromosomas de Agave, evidencia de manera global la conservación de regiones comunes a ambos genomas, descartando la teoría de la hibridación genómica como origen del cariotipo bimodal. Esta aproximación permite profundizar la comprensión del origen genómico del género y aportar evidencia citogenética sobre su evolución.

Agradecimientos. A CONAHCYT por la beca postdoctoral de MJGC CVU 591024 y Por el proyecto CF-2023-1-1877 de ciencia de frontera.

Referencias.

1. Bogler, DJ. (1996) Phylogeny of Agavaceae based on ITS rDNA sequence variation. *Am J Bot*, 83, 1225-1235.
2. Robert, ML. (2008). Wild and agronomically important Agave species (Asparagaceae) show proportional increases in chromosome number, genome size, and genetic markers with increasing ploidy. *Bot J Lin Soc*, 158, 215-222.
3. Lengerova, M. (2004). Multicolor FISH mapping of the dioecious model plant, *Silene latifolia*. *Theor Appl Genet* 108, 1193-1199.
4. Lee YS. (2016). Phylogenetic relationship of 40 species of genus *Aloe* L. and the origin of an allopolyploid species revealed by nucleotide sequence variation in chloroplast intergenic space and cytogenetic *in situ* hybridization. *Genet Resour Crop Ev*, 63(2):235-242.

ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL PROCESO ORGANOGÉNICO DEL GÉNERO *Agave*

Enrique Morales-Juárez¹, Liberato Portillo¹, Antonia Gutiérrez-Mora², Lourdes Delgado-Aceves²

¹Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan 44600, Jalisco, México. 37771192 Ext. 32911

²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Biotecnología Vegetal, Zapopan 45019, Jalisco, México. 3333455200 Ext. 2029

*Autor de correspondencia: madelgado_pos@ciatej.edu.mx

Palabras clave: discos caulinares, regeneración, citocininas.

Introducción. El género *Agave* consta de cerca de 210 especies con importancia económica, ecológica y cultural (Santacruz-Ruvalcaba et al., 2022). Muchas de ellas amenazadas por la sobreexplotación o destrucción del hábitat. Por ello, el cultivo *In vitro* emerge como una valiosa herramienta (Lecona-Guzmán et al., 2017).

El objetivo de este trabajo es realizar una comparación cuantitativa de la eficiencia regenerativa vía organogénica entre *Agave maximiliana* y otras especies del género *Agave* documentadas en estudios previos, con el fin de contextualizar su potencial biotecnológico dentro de esquemas de propagación *in vitro*.

Métodos. Plantas de *A. maximiliana* previamente establecidas en medio MS basal (Murashige y Skoog, 1962) fueron diseccionadas en discos de ~5 mm de grosor, estos, fueron establecidos en medio MS adicionado con BA (0 mg L⁻¹) y 2, 4-D (0.04 mg L⁻¹), 30 g/L de sacarosa y 8 g/L de agar, permanecieron en incubación durante 60 días. Posteriormente, se transfirieron en medio de expresión con fuente de nitrógeno orgánica, suplementado con 30 g/L de sacarosa, 250 mg/L de caseína, 500 mg/L de glutamina y 6 g/L de Phytigel™ para continuar con su desarrollo por 60 días. Las condiciones de incubación fueron 26 °C con un fotoperiodo de 16 horas de luz a 150 μmol m⁻²s⁻¹.

Resultados y discusión. La investigación comparativa, sobre la organogénesis en el género *Agave*, reveló diversas respuestas organogénicas según la especie, el explante y los tratamientos hormonales aplicados (Tabla 1). La regeneración en *A. maximiliana* demostró un promedio de 97 brotes por unidad experimental (Fig. 1).

Tabla 1. Comparación de protocolos de regeneración *in vitro* para diferentes especies de *Agave*

Especie	Explante	Tratamiento	Tipo de organogénesis	N° de brotes	Referencia
<i>A. potatorum</i>	Tallo (yemas)	1.5 mg L ⁻¹ de BAP y 3.0 mg L ⁻¹ de IAA, MS	Directa	9-10	Ramírez Mosqueda et al. (2022)

<i>A. mar-morata</i>	Tallo (yemas)	5 mg L ⁻¹ de BAP,	Directa	17.5	Martínez-Martínez et al., (2021)
<i>A. maxi-miliana</i>	Discos caulinares	0 mg/L de BA y 0.04 mg/L de 2,4-D.	Indirecta	97	Reportado en este estudio

...continua en documento extenso



Fig 1. Establecimiento de discos caulinares de *Agave maximiliana* en medio de cultivo con regulador de crecimiento por 60 días (A), explantes en medio de expresión 30 días (B).

Conclusiones. El número de brotes obtenidos en la organogénesis es contrastante en los trabajos de cada autor, por lo tanto se puede descartar que sea por proliferación, evidenciando que el tipo de morfogénesis empleado tiene un impacto determinante en la eficiencia y calidad del proceso de regeneración, más allá de las características específicas de la especie.

Agradecimientos. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Biotecnología Vegetal.

Referencias.



PROPAGACIÓN *IN VITRO* DE “AGAVE ARROQUEÑO” USANDO MEDIO LÍQUIDO EN BIORREACTORES SETIS™

Fanny E. Nolasco-Jáuregui; Eugenio Pérez-Molphe-Balch; Lucía I. Chávez-Ortiz

Unidad de Biotecnología Vegetal. Cd. Universitaria, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Araceli, Rodríguez-Sahagún. Centro de Investigación en Biología Molecular Vegetal, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, ibq.jauregui@gmail.com

Palabras clave: Micropropagación, agave, inmersión temporal

Introducción. El agave arroqueño o agave Sierra Negra (*A. americana* var. *Oaxacensis*) es una especie endémica de México en el estado de Oaxaca, aunque se pueden encontrar algunos ejemplares en otros sitios del país. Esta es una de las especies a partir de las que se obtiene la bebida tradicional mezcal (Gentry, 1982; Yescas-Arreola et al., 2016). El aumento en la demanda de dicha bebida y los largos periodos de tiempo necesarios para la maduración de los agaves son aspectos para considerar fuertemente. Basado en esto, el cultivo de tejidos vegetales con la técnica de micropropagación brinda como ventaja el obtener múltiples brotes de un explante o ejemplar. Además, el uso de medio líquido en biorreactores de inmersión temporal ha registrado mejores resultados con respecto a los obtenidos en medio semisólido (Chen et al., 2014). Tradicionalmente el medio que se usa en la micropropagación es el MS (Murashige Skoog), sin embargo, los requerimientos de una especie a otra no son los mismos; es posible que con el uso de otro medio con los macro y micronutrientes se logren mejores resultados respecto a la generación y desarrollo brotes y, eventualmente, plantas adaptables a suelo.

En esta investigación se busca incrementar la producción de brotes de *A. americana* var. *Oaxacensis* al usar medio líquido en biorreactores de inmersión temporal tipo SETIS™.

Métodos. Se usaron 40 explantes de *A. americana* var. *Oaxacensis*. Se colocaron dentro de biorreactores SETIS™ con medio líquido B5 o Gamborg, enriquecido con 30 g L⁻¹ de sacarosa y 2 mg L⁻¹ de benciladenina (BA), previamente esterilizados en autoclave. Los brotes se cultivaron bajo fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad, a temperatura constante 25 ± 2 °C; se usaron periodos de 1 minuto de inmersión cada 12 horas durante 90 días. Transcurrido ese tiempo, los brotes se contaron y midieron (parte aérea), se consideró también la presencia de raíz, y se registraron respuestas alternas como hiperhidratación, tejido calloso o necrosis. Las plantas se colocaron en macetas con mezcla de peat moss y perlita (1:1) durante 60 días para determinar supervivencia (%).

Resultados y discusión. En estas condiciones se suele presentar hiperhidratación, por las características del medio y el ambiente saturado de humedad; en este caso se presentó hasta 38% de brotes con hiperhidratación, aunque la raíz se desarrolló en el 75% de los brotes, esto

puede explicar el 80% de supervivencia de las plántulas aclimatadas a sustrato en invernadero. Además, el uso de medio B5 redujo las respuestas desfavorables observadas en morfológicas MS semisólido.

El desarrollo de raíz durante la etapa de multiplicación es un hallazgo importante, pues facilitará o incluso permitirá suprimir la etapa de enraizamiento, disminuyendo la inversión de tiempo, recursos y material tanto humano como de laboratorio (Cruz-García et al., 2019).



Fig. 1. Brotes de *A. americana* var. *Oaxacensis* en medio MS semisólido (izq), medio B5 líquido en SETIS (centro), plántulas obtenidas en SETIS en maceta con sustrato (der).

Conclusiones. El uso de biorreactores de inmersión temporal es una opción viable y su uso mejoró los resultados en la micropropagación de *A. americana* var. *Oaxacensis*.

Agradecimientos. A la secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo 904050 a la alumna FENJ como parte de becas nacionales de posgrado.

Referencias.

- Gentry, H. S. (1982). *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona Press.
- Yescas-Arreola, E., Campos-Ángeles, G. V., Enríquez del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V.A., Rodríguez-Ortiz, G., Ruíz-Luna, J. (2016). Aclimatación de Agave americana var. *Oaxacensis* obtenida *in vitro*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(4). 911-922.
- Chen, Y, Che, X., Hu, F., Yang, H., Yue, L., Trigiano, R. & Cheng, Z. (2014). Micropropagation of Agave americana. *HortScience*, 49(3). 320-327.
- Cruz-García, H., Campos-Ángeles, G. V., Enríquez del Valle, J. R., Rodríguez-Ortiz, G., Velasco-Velasco, V. A. (2019). Desarrollo de plantas micropropagadas de Agave americana var. *Oaxacensis* durante su aclimatación en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(7). 1491-1503.

COMPARACIÓN ENTRE PREDIOS CON MONOCULTIVO DE MAGUEY Y SISTEMA AGROFORESTAL DE METEPANTLE MEDIANTE EL USO DE SERIES TEMPORALES SAR EN HIDALGO Y TLAXCALA

Arturo Ortega Escobedo, Gilberto Hernández Cárdenas y Gustavo Viniestra-González
 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc,
 Iztapalapa, 09340. Ciudad de México, México. ortega.arturo.1ccb@gmail.com

Palabras clave: Maguey, Series de tiempo, Teledetección

Introducción. En la actualidad los sistemas agrícolas de monocultivo de maguey, Metepantle y cultivos de temporal convergen en el altiplano del centro de México. Estos sistemas agrícolas se han estudiado mediante diversas metodologías como la toma de datos in situ, fotografías aéreas e imágenes satelitales ópticas [1], Las imágenes SAR constituyen una nueva herramienta útil para la generación de metodologías innovadoras en el estudio de los sistemas de metepantle [2]. Son de acceso gratuito por lo que la inversión está en generar capacidades para usarlas en análisis espaciales.

El objetivo de este estudio es analizar y caracterizar la cubierta vegetal en tres sistemas agrícolas en Hidalgo y Tlaxcala, mediante el uso de series de tiempo del RVI. Asimismo, evaluar la utilidad de la teledetección como herramienta para el monitoreo y estudio de estos sistemas agrícolas.

Métodos. El estudio se desarrolló en los municipios de Calpulalpan y Nanacamilpa, Tlaxcala y Cardonal, Hidalgo.

La metodología incluyó la delimitación de predios en ArcGIS Pro y el procesamiento de imágenes SAR Sentinel-1(S1) (2016–2024) usando Google Earth Engine. A partir de las bandas VV y VH se calculó el índice de vegetación RADAR (RVI) [3] con el cual se construyeron series temporales para analizar la dinámica anual e interanual del agave en cada sistema agrícola.

Se identificaron tendencias en las series temporales aplicando el test de Mann-Kendall en R Studio, y se validaron visualmente los cambios con imágenes ópticas de la colección S2 de Google Earth. Los resultados se compararon para evaluar la funcionalidad de la teledetección para el monitoreo de cultivos.

Resultados y discusión. Las series de tiempo del RVI para el periodo 2016-2024, en predios de Calpulalpan y Nanacamilpa, Tlaxcala, presentan diferencias notables entre cada sistema agrícola al comparar los valores de RVI. En predios con monocultivo de maguey la vegetación es estable y sin estacionalidad, en los predios con Metepantle y cultivos de temporal se observan cambios evidentes y una estacionalidad muy marcada en los valores de RVI.

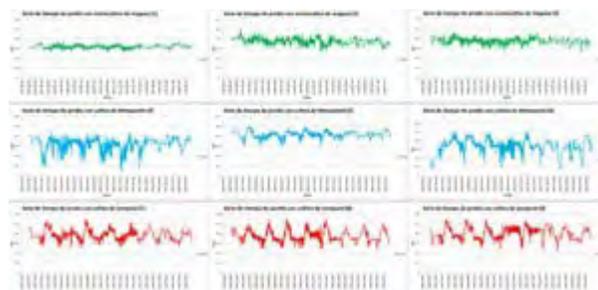


Fig. 1. Serie de tiempo del RVI para el periodo 2016-2024 en predios en Cardonal, Hidalgo.

En los predios de Cardonal, Hidalgo se puede observar que la variabilidad en los sistemas Metepantle es menor en comparación con los predios de cultivo de temporal. Debido a las condiciones climáticas de esta zona la estacionalidad es difícil de identificar.

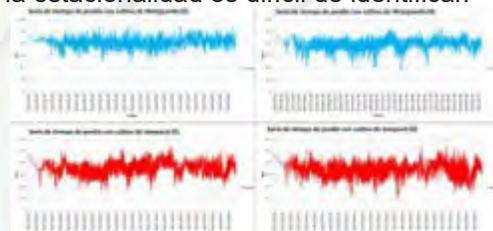


Fig. 1. Serie de tiempo del RVI para el periodo 2016-2024 en predios en Cardonal, Hidalgo.

El análisis estadístico Mann Kendal nos permitió identificar las tendencias de cada uno de los predios, en la mayoría de ellos no se identificaron cambios significativos, en algunos predios con Metepantle se observó una tendencia creciente. Al comparar los resultados con las imágenes S2 de Google Earth se identificó que la mayoría de los resultados coinciden.

Conclusiones. El uso de teledetección e imágenes satelitales SAR Sentinel 1 son herramientas funcionales en el estudio de sistemas agrícolas como monocultivo de maguey o Metepantle, así como en cultivos de temporal.

Agradecimientos. Agradezco el financiamiento y apoyo al Laboratorio de Recursos naturales de UAM- Iztapalapa.

Referencias.



AN INTEGRATED MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF THE SOIL AND RHIZOSPHERE OF *Agave* spp. MINIMUM TECHNOLOGICAL INPUT FARMING SYSTEMS

Victor Pereira¹; Gabrielle Cassiano¹; Pedro Ferreira¹; Luís Abreu¹; Juliet Sousa¹; Marcelo Carazzolle¹; Gonçalo Pereira¹; Nicholas Silva¹

¹State University of Campinas (UNICAMP); e-mail: v272500@dac.unicamp.br

Keywords: Enzymatic Stoichiometry; Vector Analysis; Soil Health

Introduction. The expansion of arid and semi-arid regions, a consequence of the intensification of desertification processes attributable to global warming, exerts a deleterious effect on the agricultural production of both food and energy crops, thereby precipitating crises in these sectors [1]. *Agave* plants, members of the *Agave* genus, have the capacity to thrive in these marginal environments, characterized by aridity and elevated temperatures. These plants can serve as a source of biomass for the production of biofuels, such as ethanol, a strategy that helps mitigate the environmental impacts of the oil-consuming transport sector and promotes the use of degraded areas, thereby eliminating competition with food crops [2]. Given the paucity of knowledge regarding the soil microbiota and rhizosphere in low-input *Agave* plantations, an area of study often associated with the health and productivity of agricultural plantations, this study aimed to evaluate the microbiota of *Agave sisalana* and *Agave* hybrids (H11648 and H400f) farming systems in the semiarid region of Brazil. Thus, we performed an integrated microbiological analysis using both biological and chemical data from the soil and rhizosphere of these three *Agave* species.

Methods. This project's methodology was adapted into an integrated model combining chemical and biological analyses of soil and the rhizosphere. Samples were collected in the northeastern region of Brazil, where the three *Agave* species were cultivated in two adjacent fields. Five biological replicates of soil and rhizosphere for each *Agave* species were collected: 15 soil and 15 rhizosphere samples [3]. Standard soil chemical analysis was performed, followed by microbiological quantification of the soil and rhizosphere using four counting methods [4]. The enzymatic activity of nine enzymes was evaluated for stoichiometry calculations and vector analysis [5]. And other biological parameters, such as respirometry, microbial biomass carbon and nitrogen, $q\text{CO}_2$ and $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ were also evaluated. To integrate the chemical and biological soil data, we performed a principal component analysis (PCA) and then correlated the microbial quantification data with the remaining evaluated parameters [6].

Results and discussion. The chemical analysis revealed that the soils of the three *Agave* species are fertile and suitable for most agricultural crops [7]. These soils have a pH close to 6.5, contain insoluble aluminum, have more than 30 g/kg of organic matter, and have a base saturation

percentage greater than 90%. The quantification of microorganisms also reveals a high number of microbes in these soils, comparable to native vegetation microbial numbers [8]. On average, there are 107 CFU/g for culturable microorganisms and 109 CFU/g for "non-culturable" microorganisms in both soil and the rhizosphere. Analysis of enzymatic activity and vector calculation revealed that the soils in these *Agave* plantations are close to a 1:1:1 balance of carbon, nitrogen, and phosphorus enzymes, indicating low nutrient limitation [5]. Also, the PCA grouped the soils of the three *Agave* species into distinct clusters, demonstrating the influence of plant genotype on microbiota formation and soil structuring (Fig. 1).

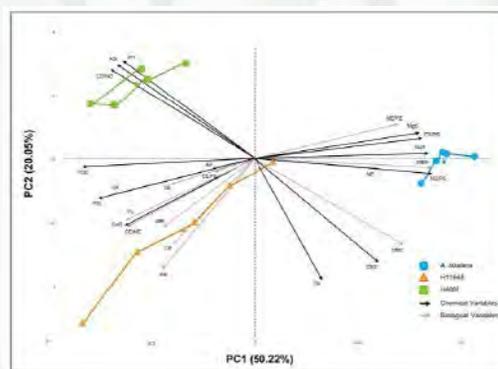


Fig. 1. Principal component analysis for the soil chemical and biological parameters of *A. sisalana*, H11648 and H400f

Conclusions. The findings of this project indicate that *Agave* plants cultivated under low-input models have the capacity to maintain fertile soil and stable microbiota, even in the absence of chemical fertilizers and despite periodic biomass removal from the field. This discovery highlights the sustainable and socio-economic viability of *Agave* plantations in semiarid regions, keeping the soil fertile over years of cultivation, according to bio-economic principles and practices.

Acknowledgements. We would like to acknowledge Shell Brazil and the ANP (National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels) for their strategic support through the Regulatory Incentive for Research, Development and Innovation (PDI).

References.



AGAVE LECHUGUILLA COMO FUENTE DE RIZOBACTERIAS Y ENDÓFITAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA

Miguel Ángel Pérez Rodríguez¹, Lucía Rosales Marines, Lihua Wei, Valentín Robledo Torres y Carolina Herrera Ramos¹ Profesor e Investigador de Tiempo Completo C, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Cel. 961 328 3065, miguel_cbg@hotmail.com

Palabras clave: Rizobacterias, endófitas, zonas áridas

Introducción. El microbioma de la rizósfera interactúa a menudo positivamente con las plantas hospederas, promoviendo la adaptación a su entorno. Varias especies del género *Agave* están ampliamente distribuidas en los ecosistemas áridos. Se ha sugerido que el microbioma de estas especies es responsable de su adaptabilidad a los ambientes oligotróficos del Desierto Chihuahuense (1,2).

El objetivo de este trabajo fue aislar rizobacterias y endófitas asociadas a la raíz de *Agave lechuguilla*, y determinar la capacidad de fijación de nitrógeno (N₂) y solubilización de fosfatos de dichas cepas.

Métodos. Se colectaron plantas de *A. lechuguilla* de localidades del sureste de Coahuila, conservando la mayor parte de la raíz. Para el aislamiento de rizobacterias se usó el método propuesto por Barillot et al. (2). Para obtener las endófitas, se lavó la raíz con etanol al 70% por 30 segundos, después con hipoclorito de sodio (NaClO) al 2% por 5 minutos, y se enjuagó con agua destilada estéril; la raíz se maceró con solución de NaCl al 0.8% y se filtró. Las soluciones de bacterias, fueron diluidas serialmente y se inocularon en los medios de cultivo: R2A, R2A+NaCl, LB y TSA, con 3 repeticiones por cada uno. Las colonias resultantes fueron agrupadas considerando su morfología (forma, elevación, margen y color). Se seleccionó una bacteria de cada grupo morfológico para realizar las pruebas de fijación de nitrógeno en medio de cultivo semisólido NFb (3), y la prueba de solubilización de fosfatos sembrando las cepas seleccionadas en placas de agar Pikovskaya (PKS).

Resultados y discusión. Se encontró que el medio TSA favoreció un mayor crecimiento bacteriano, particularmente en la rizósfera, mientras que el medio R2A promovió una mayor diversidad morfológica en endófitas. El 54% de las cepas evaluadas presentaron capacidad de fijación de nitrógeno, con predominio en cepas rizosféricas, mientras que el 46% solubilizaron fósforo inorgánico, principalmente cepas endófitas y del rizoplano. Solo una cepa (RF12) mostró ambas capacidades promotoras de crecimiento vegetal. En conjunto, los resultados indican que varias de las cepas poseen capacidades clave para la agricultura sostenible, especialmente en suelos de baja fertilidad.

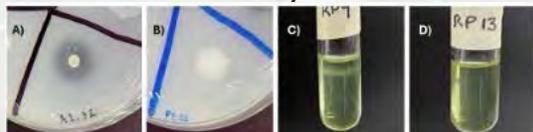


Fig. 1. Cepas bacterianas positivas (A, C) y negativas (B, D) en pruebas de solubilización de fosfatos (agar PKS) y fijación de nitrógeno (medio NFb), respectivamente

Tabla 1. Promedios de colonias y grupos morfológicos por medio de cultivo en *A. lechuguilla*

Agave lechuguilla			
Medios de cultivo/Colonias/ Grupos morfológicos	Rizósfera	Rizoplano	Endófitas
Prom. colonias agar R2A	293	197	16
No. grupos morfológicos	10	6	14
Prom. colonias agar R2A+NaCl	364	479	8
No. grupos morfológicos	10	5	8
Prom. colonias agar LB	392	364	18
No. grupos morfológicos	10	7	11
Prom. colonias agar TSA	616	416	14
No. grupos morfológicos	11	5	9

Tabla 2. Cepas de bacterias positivas a las pruebas de solubilización de fosfatos y fijación de nitrógeno, medio en el que crecieron y origen en *A. lechuguilla*

Agave lechuguilla				
Código de la cepa	Origen	Medio de cultivo	Solubilización de PS	Fijación de N
RF2	Rizósfera	R2A	-	+
RF11	Rizósfera	R2A+NaCl	-	+
RF12	Rizósfera	R2A+NaCl	+	+
RF17	Rizósfera	R2A+NaCl	-	+
RF18	Rizósfera	R2A+NaCl	-	+
RF36	Rizósfera	TSA	-	+
RF37	Rizósfera	TSA	-	+
RF38	Rizósfera	TSA	-	+
RP10	Rizoplano	R2A+NaCl	+	-
RP20	Rizoplano	TSA	+	-
E14	Endófitas	R2A	+	-
E18	Endófitas	R2A+NaCl	+	-
E20	Endófitas	LB	+	-

Conclusiones. R2A+NaCl ha sido el medio de cultivo donde más se han encontrado cepas de bacterias positivas a solubilización de fosfatos y fijación de nitrógeno, seguido del medio TSA. Se recomienda continuar el trabajo de caracterización molecular para identificar las cepas.

Referencias.

- Medina-de la Rosa, G., García-Oliva, F., Ovando-Vázquez, C., Celis-García, L.B., López-Reyes, L., López-Lozano, N.E. (2023). Amino acids in the root exudates of *Agave lechuguilla* Torr. favor the recruitment and enzymatic activity or nutrient improvement rhizobacteria. *Microb Ecol.* Volume 86: 1176-1188.
- Zineb, A.B., Hamdi, H., Alsafran, M., Gargouri, M., Lamine, M., Ahmed, T., Mliki, A., Khallef, A., Al-Jabri, H., Sayadi, S. (2024). Harnessing rhizospheric core microbiomes from arid regions for enhancing date palm resilience to climate change effects. *Front Microbiol.* Volume 15.
- Barillot, C.D.C., Sarde, C.O., Bert, V., Tarnaud, E., Cochet, N. (2013). A standardized method for the sampling of rhizosphere and rhizoplane soil bacteria associated to a herbaceous root system. *Ann Microbiol.* Volume 63: 471-476.
- Astorga-Eló, M., Gonzalez, S., Acuña, J.J., Sadowsky, M.J., Jorquera, M.A. (2021). Rhizobacteria from "flowering desert" events contribute to the mitigation of water scarcity stress during tomato seedling germination and growth. *Sci Rep.* Volume 11: 13745

PATRONES DE PATENTAMIENTO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS AGAVES

Héctor Romero-Aguilar, Nayeli A. Martha-Lucero, Gustavo Viniegra-González.

*Universidad Autónoma Metropolitana, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, # 186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257, viniuami@gmail.com.

Palabras clave: patentes, agaves, distribución

Introducción. Los agaves son plantas xerófitas nativas de Aridoamérica y por milenios han sido objeto de innovaciones en su cultivo y aprovechamiento. En México, su explotación ha dado lugar a tres grandes agroindustrias: la producción de fibra (henequén), la elaboración de pulque y destilados (tequila, mezcal, etc.) [1]. Así como la manufactura de jarabes y fructanos.

Por lo tanto, en este trabajo se analizó los patrones de patentamiento asociados al uso de estas plantas, lo cual resulta fundamental para comprender su impacto y potencial en el desarrollo tecnológico.

Métodos. Se realizó una búsqueda en Espacenet.com usando el menú de Búsqueda Avanzada, aplicando términos específicos en los campos de Título y Resumen. Para mejorar la precisión de los resultados, se utilizaron operadores booleanos que permitieron filtrar, combinar o expandir la información recuperada. Los términos empleados fueron: (agave* or maguey* or "century plant" or "American aloe" or sisal or henequen or Tampico). Con distintas opciones de dicho menú se pudo desglosar la distribución de las patentes por países y dentro de México.

Resultados y discusión. La Fig. 1 muestra la distribución de las 4,063 patentes localizadas. El país dominante es China (50.5 %), seguido por Gran Bretaña (20.4 %), Estados Unidos (5.5 %) y México (4.8 %). El predominio de CN, US y GB proviene del desarrollo de la industria textil del agave. En contraste con Brasil y Tanzania que a pesar de ser grandes productores de sisal tienen muy pocas patentes. Por lo tanto, México representa un país estratégico por su destacada capacidad productiva y su liderazgo innovador en el aprovechamiento de los agaves [2]. La Tabla 1 presenta la distribución de las patentes solicitadas en México según el tipo de agentes innovadores. Los Centros de Investigación encabezan el panorama con un 45 %, destacando CIATEJ por su liderazgo. Los inventores independientes representan el 33 %, mientras que las empresas nacionales (15 %) y extranjeras (14 %) muestran una participación significativamente menor. Los datos evidencian la desconexión entre la innovación academia e industrial, y destacan el potencial de México para fortalecer las agroindustrias del agave. Las patentes sobre el agave en México se enfocan principalmente en la innovación de productos prebióticos a base de fructanos, destacando los procesos biotecnológicos involucrados.

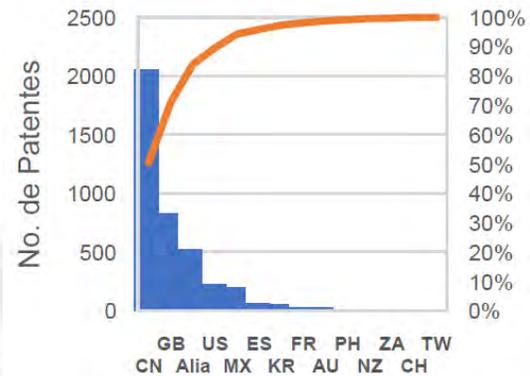


Fig. 1 Distribución de las patentes localizadas en espacenet.com. Se usaron las claves internacionales. Alia corresponde a las patentes no desglosadas. Se muestra la curva de Pareto con los porcentajes acumulados.

Tabla 1. Patentes solicitadas en MX en el rubro del agave, y desglosadas según el agente innovador

Agentes	No.	%
Centros de Investigación	87	45
Inventores Independientes	63	33
Empresas Nacionales	29	15
Empresas Extranjeras	14	7
TOTAL	193	100

Conclusiones. México tiene las condiciones para la diversificación y crecimiento de las agroindustrias del agave. Pero, se requiere salvar la brecha entre la investigación académica y el desarrollo industrial, pues de otra forma, será muy difícil superar las crisis cíclicas del mercado en este rubro.

Agradecimientos. HRA tuvo una beca del proyecto FORDECYT-PRONACES/1312404/2020 de CONACYT.

Referencias.

- Viniegra-González, G. (2021). Agave bioindustries: history and future of a strategic bioresource. *Energy Sci. Technol. Manag*, 1(1), 1-21.
- Vázquez-Elorza, A. et al. (2017). Perspectivas sociales, históricas y económicas del agave en México: una mirada a sus problemáticas, producción, aprovechamiento y consumo. En Gschaedler, A.C. (Ed.). *Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México*. AGARED-CIATEJ, México. pp. 250-301.

DIVERSITY OF *Agave cupreata* USING MOLECULAR MARKERS

Ana María Roque-Otero¹, Jeiry Toribio Jiménez², Lorenzo Felipe Sánchez Teyer^{2*}, Antonio Rescalvo Morales², Manuel Martínez Estévez², Matilde Margarita Ortiz García², Jaime Martínez Castillo², Miguel Keb Llanéz². Scientific Research Center of Yucatán (CICY). Calle 43, No. 130 between 32 and 34, Chuburná de Hidalgo, CP: 97205, Mérida, Yucatán, Mexico. E-mail. santey@cicy.mx*

Keywords: Agave, retrotransposons, polymorphism

Introduction. *Agave cupreata* is vital for mezcal production in Guerrero, but its genetic diversity is at risk due to overharvesting and scape removal. iPBS markers allow the detection of genome-wide variability associated with retrotransposons, which is critical for conservation planning.

The objective is to characterize the genetic diversity and structure of wild *A. cupreata* populations using iPBS markers to identify genetic groups and support their conservation and sustainable management.

Materials and Methods. Seventy-five individuals from five wild populations were analyzed. Genomic DNA was extracted from young leaves using the silica-based protocol of Echevarría-Machado et al. (2005). Eleven iPBS primers were tested. PCR products were separated on 2% agarose gels stained with ethidium bromide. Binary matrices were generated to estimate polymorphism, genetic similarity, distance, and population structure.

Results and Discussion. UPGMA and PCoA analyses revealed clear population-specific clustering. Pentaquillas showed the highest intra-population genetic diversity. Calvario and Pentaquillas were genetically closer. iPBS banding patterns were reproducible. A structured genetic differentiation was confirmed, providing valuable information for conservation strategies.

Conclusion. Genetic analyses reveal high intra-population diversity and clear differentiation among *Agave cupreata* populations. These findings support conservation strategies prioritizing sites like Pentaquillas for variability and Palo Blanco for genetic distinctiveness.

Acknowledgements. I thank CONACYT for the financial support provided during the development of this research, and the Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) for the academic and laboratory training received throughout my graduate studies.

References.

- García-Mendoza, A. J. (2011). The agaves of Mexico: diversity, distribution and evolution. *Botanical Sciences*, 89(1), 1–11.
- Echevarría-Machado, I., Escobedo-GraciaMedrano, R. M., & Martínez-Estévez, M. (2005). A simple and efficient method for isolation of DNA in high mucilage-containing plants. *Molecular Biotechnology*, 31(2), 129–135.
- Trejo, C., Ramírez, R., & González, C. (2011). Genetic diversity in *Agave cupreata* using isoenzyme markers. *Acta Botanica Mexicana*, 95, 23–34.
- Rocha-Ramírez, V., López, M. G., & Sánchez-Teyer, F. (2009). Genetic variability in wild and cultivated populations of *Agave angustifolia* determined by AFLP. *Scientia Horticulturae*, 120(3), 430–435.

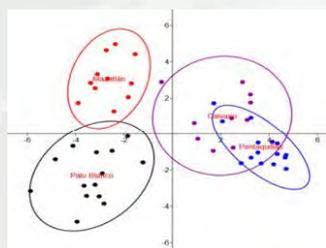


Fig. 1. Principal Coordinates Analysis (PCoA) of genetic diversity in *Agave cupreata* populations

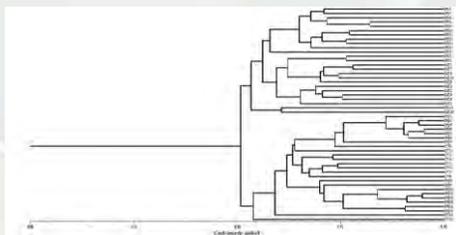


Fig. 2. UPGMA clustering analysis of *Agave cupreata* individuals from four collection sites

USO DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA PARA LA MICROPROPAGACIÓN DE *Agave maximiliana* Baker

Fernando Santacruz Ruvalcaba¹, Miguel Ángel Rodríguez Loza, Rosalba Mireya Hernández Herrera, José Juvencio Castañeda Nava, Ana Paulina Velasco Ramírez y Lino de la Cruz Larios. ¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México, C.P. 45110. Tel: 33 37-77-11-50. (fernando.santacruz@academicos.udg.mx)

Palabras clave: Raicilla, explante, tiempo de inducción

Introducción. *Agave maximiliana* Baker es una especie semélpara utilizada para la producción de la bebida alcohólica conocida como “raicilla”, típica en la Sierra Occidental de Jalisco. Habitualmente carece de reproducción asexual, el proceso para la producción de semillas, es largo, entre 7 y 15 años (1). La embriogénesis somática es una alternativa para la micropropagación, mejoramiento genético y conservación ex situ en la mayoría de agaves (2).

El objetivo del estudio fue generar un protocolo de embriogénesis somática para la micropropagación de *Agave maximiliana*.

Métodos. *Inducción de la embriogénesis somática:* A partir de callo del genotipo 14H, utilizando medio de inducción 60-SAC (Sales LOG, suplementado con 60 g/L de sacarosa, 100 mg/L de caseína, 250 mg/L de glutamina, y 3 mg/L de 2,4-D + 0.3 mg/L de BA como reguladores de crecimiento), se realizó un ensayo bifactorial en el cual se evaluaron, el tiempo de inducción (30, 60, 90 d) y dos diferentes tipos de callo (previamente embriogénico y sin antecedentes embriogénicos) cada tratamiento constó de 5 frascos de vidrio con 4 callos de 0.25 cm² (n=20) en cada combinación (tratamiento), se colocaron en la oscuridad durante todo el tiempo de inducción.

Expresión de la embriogénesis somática: Todos los callos producidos en la etapa de inducción, se establecieron en cajas Petri con 25 mL de medio de expresión 60-SAC (sin reguladores de crecimiento), los explantes, se colocaron en oscuridad y se realizó una evaluación a los 45 d, contabilizando el número de embriones producidos por callo.

Resultados y discusión.

Tabla 1. Número de embriones somáticos producidos en A. maximiliana a diferentes tiempos de exposición en el medio de inducción (30, 60 y 90 d).

Tiempo de inducción	No. embriones/callo
Valor-P	0.0000
30 d	0.07±0.75 b
60 d	0.20±0.73 b
90 d	5.06±0.77 a

Medias por explante ± errores estándar. Datos con diferente letra son estadísticamente distintos (P<0.05), utilizando la Prueba de Comparación de Medias Tukey. (n=20).

El factor tiempo de exposición de los callos al medio de inducción, resultó ser altamente significativo en el ANVA. A mayor tiempo en el medio de inducción se observa un incremento en el número de embriones generados (Tabla 1). Un tiempo similar de exposición en la etapa de inducción, para la embriogénesis somática ha sido observado en *A. tequilana* (3). Para el factor tipo de callo, se observaron resultados muy favorables en la generación de embriones somáticos cuando se empleó callo con antecedentes embriogénicos (Tabla 2).

Tabla 2. Número de embriones somáticos producidos en A. maximiliana, para el factor tipo de callo: previamente embriogénico (PE) y sin antecedentes de embriogénesis (SAE). A los 45 días en medio de expresión.

Tipo de callo	No. embriones/callo
Valor-P	0.0001
SAE	0.00±0.00 b
PE	3.56±0.61 a

Medias por explante ± errores estándar. Datos con diferente letra son estadísticamente distintos (P<0.05), utilizando la Prueba de Comparación de Medias Tukey. (n=20).

La embriogénesis somática es la máxima expresión de la totipotencia celular en las plantas, siendo muy importante el tipo de explante para lograr que la célula vegetal, logre expresar ser competente mediante la aplicación de pequeños estímulos externos (4).

Conclusiones. Es importante considerar el tipo de explante y el tiempo de exposición al medio de inducción, para obtener la embriogénesis somática en *Agave maximiliana*.

Referencias.

- Cabrera et al. (2020). Morphological and genetic variation in monocultures, forestry systems and wild populations of *Agave maximiliana* of western Mexico: implications for its conservation. *Front. Plant Sci.* 11(817):1-19.
- Bhojwani SS, Dantu PK (2013) Plant tissue culture: An introductory text. Springer Science, New Delhi, India. p. 309.
- Arzate-Fernández AM, Mejía-Franco R (2011) Embryonic capacity of induced calli on zygotic axis of *Agave angustifolia* Haw. *Rev. Fitotec. Mex.* 34,101-106.
- Reyes-Díaz, JI, Arzate-Fernández AM, Piña-Escutia JL, Vázquez-García LM (2017) Media culture factors affecting somatic embryogenesis in *Agave angustifolia* Haw. *Ind Crops and Prod* 108:81-85.

CONSERVACIÓN Y EXPANSIÓN DE POBLACIONES SILVESTRES DE MAGUEY CENIZO (*Agave durangensis* Gentry) BAJO UN MANEJO INTEGRAL POR AGROFORESTERÍA

Rodolfo Santos Lavalle. Universidad Para el Bienestar Benito Juárez García, camino Presa de San Onofre # 21, Ayotlán, Jalisco, México. rsantos@ciestaam.edu.mx

Palabras clave: Biodiversidad, agostadero, especies endémicas

Introducción. El incremento de la demanda de mezcal para satisfacer el mercado ha originado que las poblaciones silvestres de maguey cenizo en el estado de Durango estén sobreexplotadas [1]. Esto se debe a que la producción de mezcal requiere de cosechar individuos en edad reproductiva. El uso y aprovechamiento de magueyeras silvestres a través de un manejo sostenible es posible, si a las poblaciones de agave que se localizan principalmente en tierras de agostadero se les acompaña con un programa de manejo.

El objetivo fue implementar un manejo integral por agroforestería para la conservación y expansión de poblaciones silvestres de maguey cenizo en un agostadero representativo de la región centro del estado de Durango.

Métodos. La investigación se realizó bajo el enfoque integral por agroforestería, sistema productivo que incluye en un mismo espacio magueyeras, árboles, pastos y ganado [2]. Se eligió un agostadero de 93.44 has, en donde fueron identificados sitios potenciales de producción de maguey cenizo. Se realizó el levantamiento de las existencias utilizando la técnica de transectos apoyados con un GPS, para planear el uso y aprovechamiento sostenible de las magueyeras. La semilla de maguey cenizo fue recolectada en diciembre de 2020 y la siembra se realizó en marzo de 2021 bajo condiciones de invernadero, después de siete meses y de un periodo de adaptación de tres, se inició con la etapa de vivero, ahí permanecieron los agaves hasta la plantación que fue en junio de 2023. En una ha del agostadero se plantaron 2,559 agaves, utilizando un marco de plantación a tresbolillo y respetando la vegetación que estaba presente (árboles, arbustos y agaves). La distancia entre plantas en cada hilera fue de 1.5 metros y entre hileras fue de 5.5 metros, formado un callejón que permitió el paso del ganado al momento del pastoreo. El coeficiente de agostadero en el predio fue de cuatro hectáreas por unidad animal.

Resultados y discusión. La cuantificación inicial dentro del agostadero fue de 286 plantas/ha. Del total de existencias 7,101 ya habían alcanzado la madurez al momento del inventario (Tabla 1) y para lograr un aprovechamiento sostenible se consideró pertinente utilizar el 80% durante un periodo de 5 años, el resto se destinó para la producción y conservación de germoplasma.

Tabla 1. Estructura poblacional de plantas de agave cenizo en el agostadero

Categoría	Edad aproximada	Densidad/ha	Total
Renuevos	< 4 años	53	4,952
Juveniles	4 a 5	78	7,288
Medianos	6 a 8	79	7,382
Grandes	9 a 12	55	5,139
Capados	12 a 13	12	1,121
Quiotados	12 a 13	9	841
Total		286	26,742

Con la nueva plantación fue posible alcanzar una densidad de 2,845 plantas/ha de estas sobrevivieron 2,304 en el primer año. Se observó una pérdida de 1.14% por enfermedades bacterianas y aunque se presentaron daños por insectos no incidió en la sobrevivencia. Sin embargo, el mayor porcentaje de pérdidas (17.86%) se debió al pisoteo del ganado, posiblemente la falta de desarrollo radicular no permitió el anclaje de las plantas haciéndolas más susceptibles al impacto animal. El respecto, se reporta que en predios de agostadero el impacto del ganado no favorece la regeneración de poblaciones silvestres de maguey cenizo [3].

Conclusiones. Realizar el inventario de existencias de maguey cenizo en el agostadero permitió hacer una planeación del uso y aprovechamiento futuro de las magueyeras, favoreciendo su conservación, además, con el manejo integral por agroforestería fue posible incrementar la población de *Agave durangensis* Gentry en el agostadero, sin perturbar la vegetación presente e incorporando además la producción de ganado. El mayor porcentaje de pérdida durante el establecimiento de la plantación en el agostadero fue por el impacto del ganado.

Referencias.

- Quirino, O. R., González, E. M., González-Elizondo, M. S. & Castro, A. (2023). Los Agaves Mezcaleros de Durango. ¿Qué es el Maguey Cenizo? *Sapiens*, 7, 16-24.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2025). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). Manual de agroforestería*. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/bina/dato/Manual%20de%20agroforesteria.pdf>. Revisado el 2 de mayo de 2025.
- Barraza-Soto, S., Domínguez-Calleros, P. A., Montiel-Antuña, E., Návar-Chaidez, J. J. & Díaz-Vásquez, M. A. (2014). La producción de mezcal en el municipio de durango, México. *Ra Ximhai*, 10(6), 65-74.

AGAVE SALMIANA Y CHINICUIL: UNA RELACIÓN QUE FAVORECE LA GENERACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Norma Dolores Zamora Ortega, Ramos de León Ana María, Oscar Campos Herrera Leopoldo González Cruz, José Mayolo Simitrio Juárez Goiz, Aurea Bernardino Nicamor*

Departamento de Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México – IT de Celaya, Antonio García Cubas Pte. 600, Celaya 38010, teléfono 4616625141, *aurea.bernardino@itcelaya.edu.mx

Palabras clave: interacción, planta-insecto, polifenoles.

Introducción. El *Agave salmiana* es una planta con un gran valor económico y cultural, cuya diversidad de compuestos químicos facilita la interacción planta-insecto con el Chinicuil (*Comadia redtenbacheri*), un fitófago que habita y se alimenta del sistema radicular de esta planta.

Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue el identificar y relacionar los compuestos bioactivos presentes entre *A. salmiana* y el chinicuil, con el fin de contribuir al desarrollo de nuevas estrategias en la industria agroalimentaria.

Métodos. Se recolectó una planta de *A. salmiana* libre de chinicuil y una infectada por chinicuil, así mismo, se colectaron los chinicuiles del sistema radicular del agave infectado. Las muestras fueron obtenidas de plantaciones ubicadas en San Mateo Tlajomulco, Estado de Hidalgo. El sistema radicular de los agaves fue secado por convección y pulverizado. El chinicuil se liofilizó y se desengrasó. Se obtuvieron extractos hidroetanólicos 70:30 a una proporción 1:10 p/v para todas las muestras. Se realizó un tamiz fitoquímico para *A. salmiana* y entomológico para chinicuil (1). Además, se cuantificaron polifenoles totales (equivalentes de ácido gálico EAG mg/g peso seco), flavonoides, (equivalentes de quercetina EQE mg/g peso seco) y taninos (equivalentes de epicatequina (EE mg/g peso seco) para todas las muestras (2). Se determinó con ANOVA de un factor con un nivel de significancia de $p < 0,05$ y una prueba post hoc Tukey.

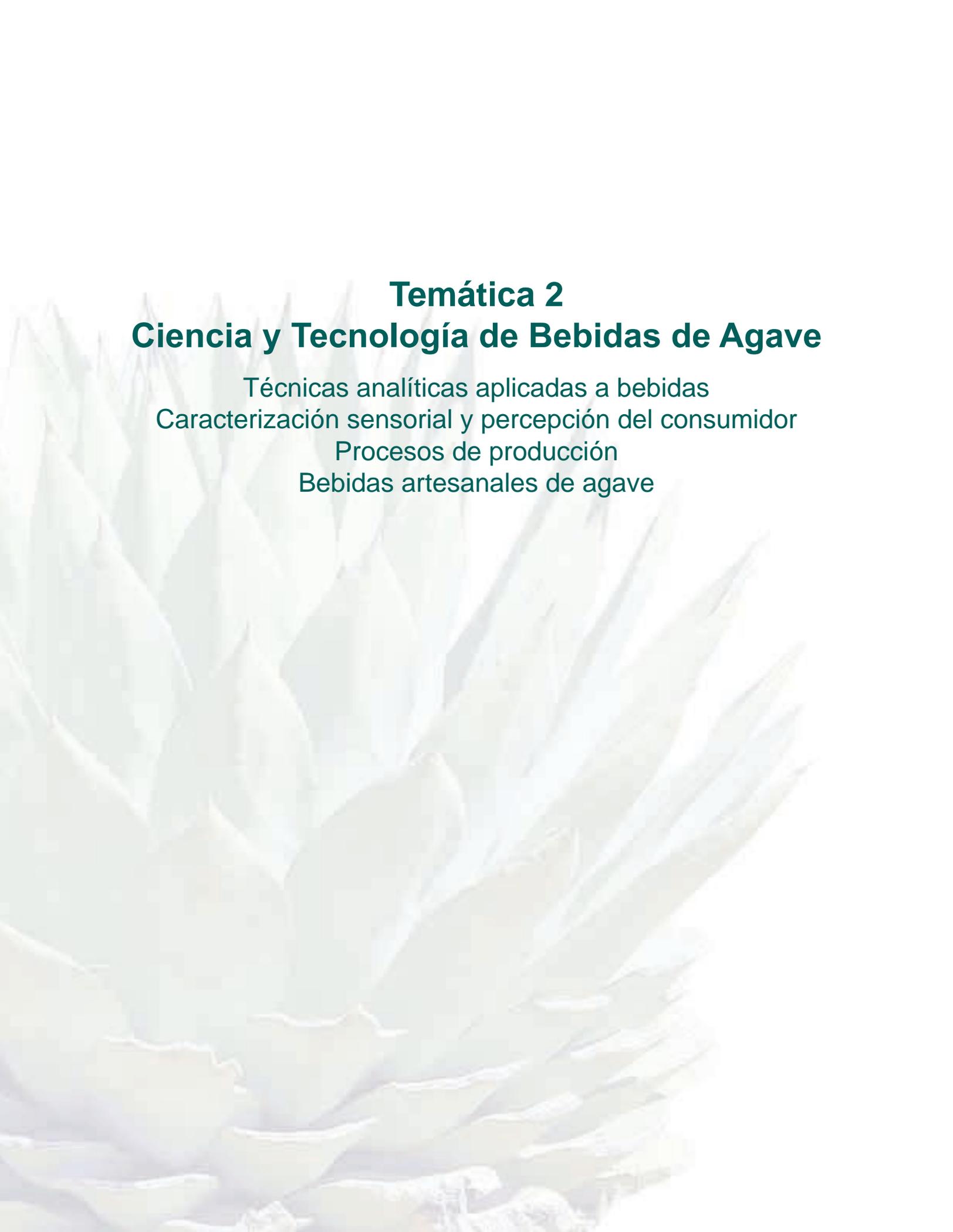
Resultados y discusión. Los resultados obtenidos en el tamiz fitoquímico para el sistema radicular del *A. salmiana* sin infectar con chinicuil (RSC) mostraron la presencia de: flavonoides, taninos, terpenos, y glucósidos, en menor cantidad que la que mostró la raíz infectado de chinicuil (RIC), adicionalmente, se encontró la presencia de quinonas y cumarinas, el mismo comportamiento fue observado al realizar la cuantificación de polifenoles, flavonoides y taninos donde se observó un incremento de hasta 4 veces su valor. Este comportamiento podría ser atribuido a que la raíz genera mayor concentración de estos compuestos como respuesta de defensa inducida en la planta ante el estrés biótico causado por el chinicuil, activando los mecanismos de defensa que incluyen el aumento en la producción de metabolitos secundarios con el fin de disuadir la presencia de este insecto y sostener el crecimiento de la planta (3).

Por otra parte, la concentración de polifenoles, taninos y flavonoides para el extracto de chinicuil fue de 14.801 ± 0.310 EAG mg/g peso seco, 53.574 ± 0.131 y 21.600 ± 0.086 respectivamente. Si bien la cantidad disminuye en comparación con RIC, es gracias al mecanismo de desintoxicación que les permite poder alimentarse de la planta huésped utilizando los metabolitos secundarios de ésta para su beneficio. Mientras que los resultados del tamiz entomológico sugieren que el chinicuil ha desarrollado mecanismos de captación selectiva de estos compuestos, debido a la poca presencia de flavonoides, taninos, terpenos, quinonas y la falta de cumarinas y glucósidos que, si se encuentran en *A. Salmiana*, de tal manera que los insectos comestibles comparten diversos metabolitos secundarios mismos que se encuentran en las plantas (4). Finalmente, de acuerdo con los resultados, se puede considerar los metabolitos secundarios derivados del *A. salmiana* son adquiridos por el chinicuil a través de la dieta

Conclusiones. El contenido de compuestos bioactivos encontrados entre *A. salmiana* y chinicuil, se debe a la relación que se genera entre huésped-hospedero. Estos hallazgos mejoran la comprensión de la interacción planta-insecto y ofrecen un potencial para aplicaciones en alimentos funcionales, farmacológico y la agricultura, promoviendo además el uso y preservación sustentable de insectos comestibles.

Referencias





Temática 2

Ciencia y Tecnología de Bebidas de Agave

Técnicas analíticas aplicadas a bebidas
Caracterización sensorial y percepción del consumidor
Procesos de producción
Bebidas artesanales de agave





Título de la conferencia: Caracterización avanzada de bebidas alcohólicas: una estrategia clave para el fortalecimiento de la industria del agave

Dr. Fábio Trigo Raya

Fabio Trigo Raya, Ph.D., es un biotecnólogo y genetista cuya pasión inquebrantable se centra en la producción agrícola en zonas semiáridas, con un enfoque especial en la agavicultura. Desde 2016, se ha sumergido en el mundo de los agaves, motivado por el objetivo de producir biocombustibles y otros compuestos sostenibles y biorrenovables. Su trabajo en este campo abarca un amplio

espectro, que incluye el rescate de cultivares, la caracterización de biomasa, la fitopatología molecular y la biotecnología vegetal. Actualmente, se desempeña como investigador responsable de los recursos genéticos y el mejoramiento de agaves en BRAVE – el Programa Brasileño de Desarrollo del Agave, una alianza entre la Universidad de Campinas (Unicamp), la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil (ANP) y Shell Brasil Petróleo Ltda.



Título de la conferencia: Obtención de bióticos a partir de bebidas tradicionales mexicanas y su potencial como alimentos funcionales

Dra. Beatriz Pérez Armendáriz

Doctora en Ciencias con especialidad en Biotecnología por el Instituto Politécnico Nacional, Maestría en Biotecnología e Ingeniero en alimentos por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapala. Miembro del sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, desde 2012 hasta la fecha. Pertenece, a la red de Bioeconomía, a la red de Agave y a la red mexicana de probióticos. Ganadora del premio estatal de Ciencia y Tecnología “Luis Rivera Terrazas” 2024 en el

área de Investigación Aplicada. Ganadora 2 veces del premio internacional MAPFRE, “Ignacio H. Larramendi”. En su primera línea de investigación su investigación versa sobre Alimentos funcionales con Proyectos en la producción de probióticos a partir de bebidas tradicionales mexicanas (pulque y aguamiel) y producción de nuevos productos a partir de los recursos agrícolas endémicos de la región centro Sur, en esta área de investigación se cuentan con 3 patentes otorgadas, para explotación del sector agrícola, asociadas a mejora la salud en específico en la regulación de la microbiota intestinal, efecto anti proliferativo en células de cáncer y efecto antagónico con bacterias patógenas. En la segunda línea, la Dra. Pérez se ha enfocado en trabajos sobre Biotecnología ambiental, en la recuperación de suelos agrícolas contaminados por derrames de hidrocarburos o agroquímicos utilizando sistemas de fitorremediación y composta en la región Centro. Cuenta con 60 publicaciones indizadas nacionales e internacionales, 3 certificados de patente en el área de Biotecnología agroalimentaria. Dos libros y 7 capítulos de libros, hasta 2025 ha dirigido más de 80 tesis de licenciatura, maestría y doctorado y 3 estancias posdoctorales. Además de 25 años de experiencia en docencia universitaria en los niveles de pregrado y posgrado. Desde 2011 se integró a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Actualmente es Secretaría académica de la Vicerrectoría de Posgrados en UPAEP y desde el 2024 profesor asociado en el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, actual SECIHTI Puebla.



Título de la conferencia: Diversidad genómica de las levaduras que fermentan el agave

Dr. Eugenio Mancera Ramos

Investigador Cinvestav y líder del Laboratorio de Evolución Molecular de la Unidad Irapuato del Cinvestav. El Dr. Eugenio Mancera estudió biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Posteriormente realizó su maestría y doctorado en la Universidad de Heidelberg y en el Instituto Europeo de Biología Molecular, ambos en Alemania. Al terminar sus estudios, realizó una estancia posdoctoral en la

Universidad de California en San Francisco, EUA.

Desde hace casi nueve años regresó a México para establecer su grupo de investigación en la Unidad Irapuato del Cinvestav estudiando diferentes especies de levaduras. Las contribuciones más importantes del Dr. Mancera han sido al entendimiento de la diversidad genética de las levaduras. El Dr. Mancera generó el primer mapa de alta resolución de la recombinación a lo largo de todo un genoma. Su trabajo también ha ayudado a entender cómo cambios en el prendido y apagado de los genes han llevado a que ciertas levaduras sean capaces de causar diversas enfermedades. Los hallazgos del Dr. Mancera han sido publicado en las revistas científicas del más alto prestigio como *Nature*, *Genome Biology*, *PLOS Genetics* e *eLife*. Así mismo, se le han otorgado diversas becas y premios internacionales como la Beca Jeff-Schell del Darwin Trust de Edimburgo, la beca del Human Frontier Science Program y el premio Seed Award in Science del Wellcome Trust del Reino Unido.

La investigación actual del grupo del Dr. Mancera se centra en dos principales temas: (1) entender cómo algunas levaduras se han convertido en importantes patógenos humanos, y (2) explorar la diversidad genómica de las levaduras existentes en las diferentes regiones de México. Además de las contribuciones a entender estos temas que son esenciales para la salud de la población mexicana y para la conservación de la diversidad del país, el objetivo del grupo del Dr. Mancera es la formación de nuevos investigadores.

CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL FERMENTATIVO EN LEVADURAS NATIVAS AISLADAS DE DIFERENTES VINATAS DEL ESTADO DE DURANGO

Juan Esquivel-Alvarado¹, Rene Torres-Ricardo¹, Eli Amanda Delgado Alvarado¹, Maricela Esteban Méndez¹, Erika De la Cruz-Arguijo², Claudia Larralde-Corona², José Alberto Narváez-Zapata^{2*}. ¹CIDIR-IPN Durango. ²Instituto Politécnico Nacional- CBG (Blvd. Del Maestro, S/N, Reynosa, Tamps. 88710). *jnarvaez@ipn.mx

Palabras clave: Mezcal, *Agave duranguensis*, levaduras

Introducción. El mezcal es una bebida alcohólica tradicional mexicana producida a partir de agave. La fermentación involucra levaduras nativas adaptadas a las condiciones ambientales de cada región (1). Estas levaduras juegan un papel clave en la transformación de azúcares en etanol y otros compuestos aromáticos. La microbiota varía según factores como altitud, humedad y temperatura, lo que influye en las características del producto final (2). La caracterización del potencial fermentativo de estas levaduras como consecuencia de su adaptación a los diferentes mostos y especies de agave representa una oportunidad para optimizar el proceso sin comprometer la autenticidad del mezcal artesanal de Durango.

Métodos. Se aislaron levaduras nativas en agar YCG de fermentaciones en 6 vinatas de 3 municipios de Durango, México, mediante el método de estría cruzada. Las levaduras se identificaron morfológicamente y mediante tinción de gram y crecimiento en medios selectivos como agar WLD o Lisina que permiten diferenciar entre *Saccharomyces* y non-*Saccharomyces* (3). Se generaron perfiles rep-PCR e interdelta desde el ADN genómico para agrupar las cepas con similitud genética. Paralelamente se realizaron pruebas de estrés por saturación de etanol (8%) y fructosa (500 g/L) mediante el método de siembra por microgota, con el objetivo de evaluar la tolerancia de las cepas a condiciones propias del proceso fermentativo artesanal.

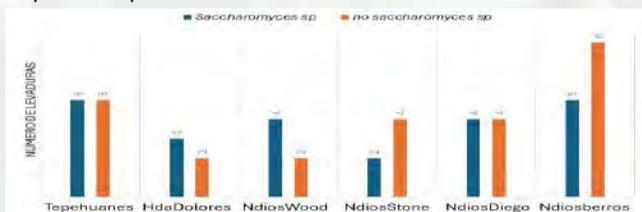


Fig. 1. Aislamiento de las levaduras de estudio

Resultados y discusión. Se aislaron 48 levaduras nativas de la fermentación de las vinatas seleccionadas de las cuales 23 pertenecen a *Saccharomyces* y 25 a non-*Saccharomyces* (Fig. 1), evidenciando así una diversidad microbiana significativa. En pruebas de estrés a concentraciones altas de azúcares y etanol, se logró la identificación de levaduras con alto potencial fermentativo, destacando cepas útiles para mejorar la producción o para diferentes procesos biotecnológicos (Fig. 2) lo que subraya la importancia de conservar la biodiversidad microbiana local.

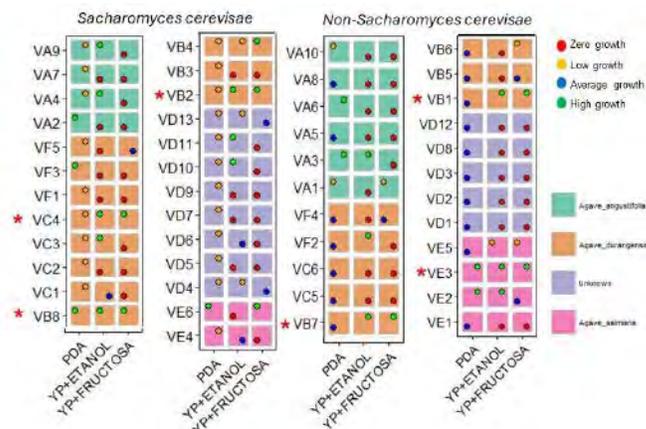


Fig. 2. Respuesta al estrés de las levaduras de estudio. El asterisco indica a las levaduras con potencial. Algunas cepas fueron descartadas por su bajo crecimiento

Conclusiones. Se han aislado y caracterizado levaduras de vinatas de Durango, México, identificando 6 cepas con potencial fermentativo. Actualmente se evalúa su capacidad fermentativa útil para seleccionar cepas más eficientes en su aplicación biotecnológica.

Agradecimientos. Proyectos SIP 20250878, 20250004 y 20254173.

Referencias.

- Martínez-Estrada et al. (2024). Diversity of culturable yeasts associated with the technification level in the process of mezcal production in the State of Durango. *Fermentation*, 10(3), 147.
- Kirchmayr et al. (2024). Bacterial community inferred by metagenomic analysis in an artisanal mezcal distillery in Guerrero, Mexico. *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 58(103159), 103159.
- De la Torre-González et al. (2016). Ethanol tolerance is decreased by fructose in *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* yeasts. *Food Sci. Technol.*, 67, 1–7.

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA POSTBIÓTICA FUNCIONAL A BASE DE AGUAMIEL Y SU ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL

Niza Isabel Hernández Brito*, Beatriz Pérez Armendáriz.

Facultad de Biotecnología. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. UPAEP.

Calle 21 Sur 1103, Santiago, Barrio de Santiago, 72410 Puebla, Pue., México.

* +52 2227062202. nizaisabel.hernandez@upaep.edu.mx

Palabras clave: alimento funcional, antimicrobiano, vida de anaquel

Introducción. Los alimentos funcionales además de su valor nutricional aportan beneficios adicionales para quien los consume¹. Los postbióticos poseen moléculas asociadas a la salud y son productos biotecnológicos de interés². Una prueba de funcionalidad es el efecto antimicrobiano contra microorganismos patógenos al ser humano.

El objetivo del trabajo consta en elaborar una bebida postbiótica funcional a base de aguamiel, determinando la funcionalidad empleando pruebas antimicrobianas y la vida de anaquel.

Métodos. Se realizó una evaluación sensorial (n=40) utilizando pruebas de aceptación en escala hedónica de 5 puntos y prueba dúo-trío. Para las pruebas antagónicas se empleó el método de microdilución contra cepas patógenas ATCC (*E. coli*, *Salmonella* spp., *S. aureus*)³. Se evaluó la estabilidad con un estudio de vida de anaquel con distintos tratamientos de temperatura (4°C, 25°C y 37°C), midiendo pH, °Brix y determinación de presencia de microorganismos.

Resultados y discusión. La bebida sensorialmente mostró olor (media 4.4), color (4.5), sabor (4.1) y apariencia general (4.4) aceptables. En las pruebas antimicrobianas se inhibió hasta un 91% a *E. coli*, 89% a *Salmonella* spp. y 88% a *S. aureus*. Las pruebas de estabilidad demuestran una vida de anaquel de 8 semanas en refrigeración, manteniendo pH 4.5, °Brix 4.5-5 y sin crecimiento de microorganismos patógenos.



Fig. 1. Proceso de elaboración de la bebida

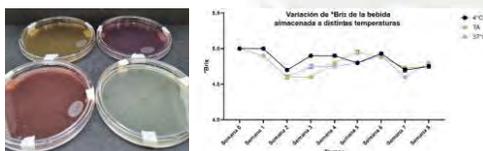


Fig. 2. Resultados de cultivos de calidad microbiológica y estudio fisicoquímico de la vida de anaquel

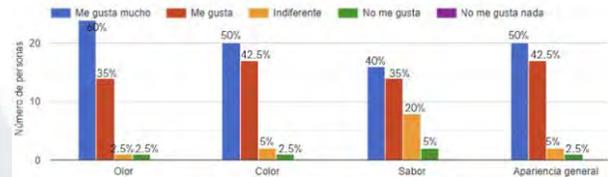


Fig. 3. Resultados de la evaluación sensorial

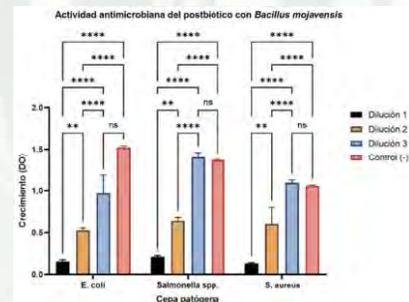


Fig. 4. Resultado del ensayo de microdilución para actividad antimicrobiana del postbiótico con *Bacillus mojavensis*

El empleo del aguamiel, además de ser un medio ideal por sus características prebióticas, puede tener ventajas socio-económicas para quien lo produce⁴. Los alimentos funcionales están ganando popularidad ya que son útiles para preservar la estabilidad de la microbiota gastrointestinal. Los postbióticos superan limitaciones propias de los probióticos como la viabilidad y vida útil, además de tener ventajas técnicas, de perfil de seguridad y beneficios a la salud.

Conclusiones. El sabor, aroma, color y apariencia general fueron mayormente aceptados. Quedó determinada la estabilidad y calidad comercial de la bebida. El postbiótico es eficiente contra patógenos de importancia médica.

Referencias.

1. Thorakkattu, P., et al (2022). Postbiotics: Current Trends in Food and Pharmaceutical Industry. *Foods*, 11(19), 3094–3094.
2. Aggarwal, S., et al (2022). Postbiotics: From emerging concept to application. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6.
3. Bintsis, T. (2017). Foodborne pathogens. *AIMS microbiology*, 3(3), 529.
4. Vinderola, G., et al (2022). The Concept of Postbiotics. *Foods*, 11(8), 1077.

NUEVA BEBIDA TIPO “CERVEZA” DERIVADA DEL AGUAMIEL

Emmanuel I. Díaz de León, Gustavo Viniegra-González, José Ramón Verde-Calvo.

Universidad Autónoma Metropolitana, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, # 186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257, viniuami@gmail.com.

Palabras clave: aguamiel, bebida fermentada, jarabes

Introducción. Este año se vence la patente para elaborar una bebida similar a la cerveza elaborada por la fermentación de mostos basados en los jarabes de agaves tequileros [1]. Su adaptación a los mostos con jarabes del aguamiel concentrado de *Agave salmiana*, crearía alternativas para la comercialización del aguamiel, destinado tradicionalmente a la producción de pulque.

Se desarrolló una adaptación de [1] con mostos elaborados de jarabes de aguamiel, producidos en Cardonal, Hidalgo, México y se evaluó la calidad del producto, mediante el patrón de fermentación y la degustación del producto embotellado.

Métodos. Se obtuvieron cinco lotes de jarabe de aguamiel artesanal producidos en Cardonal, Hidalgo. Estos se caracterizaron en el laboratorio usando HPLC [2] y técnicas químicas y físicas de la AOAC.

La elaboración de la bebida tuvo las siguientes etapas: a) Dilución del jarabe hasta 10 Brix, con agua recién hervida, b) Inoculación con un sobre de 11.5 g de levadura SAFALE WB-06, c) Fermentación en garrafones de 4 L, con trampa para oxígeno y d) Embotellamiento manual para su gasificación natural por adición de azúcar. Las pruebas de evaluación sensorial se realizaron con 50 jueces no entrenados.

Resultados y discusión. El análisis de los jarabes indicó: Brix = 69.2 ± 3.1 ; reductores directos = 156 ± 25 g/L; ac. láctico = 4.6 ± 1.8 g/L y pH = 4.5.

La Fig. 1 muestra un pico conspicuo y reproducible de FOS (fructo-oligo-sacáridos) en las cinco muestras de jarabe, además de sacarosa, glucosa y fructosa.

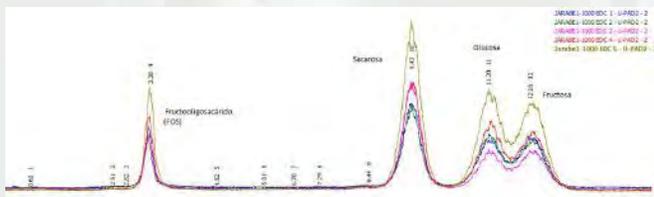


Fig. 1. Corridas de HPLC con 5 muestras de jarabes de aguamiel de *A. salmiana*. El primer pico corresponde a FOS

La Fig. 2 muestra la curva de fermentación con un predominio de etanol (48.1 g/L ± 1.9) sobre el ac. láctico (12.03 g/L ± 1.5). Esto sugiere que el sabor tendrá un toque ácido, pero predominará el gusto alcohólico.

Las pruebas sensoriales mostraron altos niveles de aceptación en cuanto a la apariencia y el agrado en boca, pero reacciones mixtas en cuanto a la espuma, el nivel de carbonatación y la turbidez.

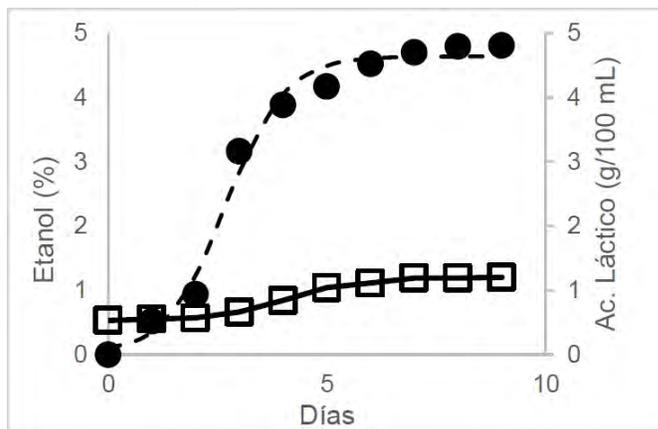


Fig. 2. Curvas de fermentación de jarabe de aguamiel, diluido con agua hasta obtener 10 Brix e inoculados con *S. cerevisiae* comercial. (•) Etanol, (□) ac. láctico.

Conclusiones. Es factible producir una bebida de gusto agradable, con un nivel alcohólico similar a la cerveza, usando mostos preparado con jarabe de aguamiel diluidos con agua e inoculados con levadura comercial. Se requiere mejorar la segunda fermentación en botella y añadir una infusión de lúpulo para simular a la cerveza convencional. Este producto no contiene gluten y puede tener valor prebiótico por la presencia de los FOS derivados del maguey.

Agradecimientos. Agradecemos el apoyo logístico y financiero de Incubaempresas A.C. y la colaboración de diversas productoras de jarabe de aguamiel de Santa Teresa Daboxtha (Cardonal) Hidalgo, México.

Referencias.

- Soltero-Jiménez, F.J. (2005) Proceso para la elaboración de una bebida alcohólica tipo cerveza, a base de agave. Registro de prioridad: MX2005JL00047 20051103. www-impj.gob.mx.
- Plaga, A., et al. (1989). Determination of carbohydrates in fermentation processes by high-performance liquid chromatography. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 32, 45-49.

CARACTERIZACIÓN DE UN PROCESO ARTESANAL DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL CON LA ESPECIE AGAVE GUADALAJARANA

Samira Martínez, René Quezada, Manuel R. Kirchmayr y Anne C. Gschaedler.

Departamento de Biotecnología Industrial, CIATEJ, Camino Arenero 1227, El Bajío, Zapopan, Jalisco, 45019, Teléfono 01 (33) 33455200 Ext. 1310. agschaedler@ciatej.mx

Palabras clave: (Mezcal, *Agave guadalajarana*, Fermentación)

Introducción. El mezcal es un destilado tradicional mexicano, cuyas propiedades dependen del tipo de agave y la región de origen. En Zacatecas, ha comenzado el uso de *Agave guadalajarana* para producir mezcal artesanal (NOM-070), sin embargo, carece de estudios sobre microbiota, composición fisicoquímica y eficiencia fermentativa, limitando su aprovechamiento. El objetivo de este trabajo fue caracterizar microbiológica y fisicoquímicamente la fermentación artesanal con *A. guadalajarana* en una mezcalera de Huitzila, Zacatecas.

Métodos. Se tomaron muestras a diferentes tiempos (0-145h) de 2 fermentaciones con bagazo (CB) y 2 sin bagazo (SB). Se aislaron bacterias y levaduras, identificadas por MALDI-TOF/MS. Los azúcares reductores se cuantificaron por medio de DNS (ácido dinitrosalicílico) (1). Los compuestos volátiles con GC-FID, con un equipo Head Space acoplado a un cromatógrafo de gases (GC) (2), y las saponinas con un ensayo espectrofotométrico TSC (Total Saponin Content).

Resultados y discusión. Se identificaron 6 especies de levaduras, incluyendo *Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus*, y 5 especies de bacterias de los géneros *Lactobacillus*, *Acetobacter* y *Leuconostoc*. La concentración de azúcares y la producción de etanol, fue variable en las 4 fermentaciones, con rendimientos entre 34.48- 65.83%, lo que indica baja homogeneidad en el proceso. Además de etanol, se cuantificaron compuestos volátiles tales como ésteres, aldehídos, alcoholes superiores y metanol. A continuación, se muestran los de mayor concentración (Tabla 1).

Tabla 1. Compuestos volátiles mayoritarios en 2 fermentaciones CB y 2 fermentaciones SB

Compuesto	Tipo de fermentación	Concentración
Octanoato de etilo (éster)	CB	7.62-7.63
	SB	7.62-7.64
Acetaldehído (aldehído)	CB	6.94-9.22
	SB	6.02-8.38
Alcohol isoamílico (alcohol superior)	CB	44.95-48.18
	SB	31.89-42.05
Metanol	CB	287.61-295.26
	SB	192.75-267.26

En el caso de las saponinas, se cuantificaron hasta 30 g/L en las etapas iniciales de fermentación, reduciendo

la cantidad entre 65% y 75% en la etapa final (Fig. 1) por lo que se infiere que esta reducción es debido a la presencia de *K. marxianus* y *S. cerevisiae*, ya que se ha documentado su actividad saponinasa, poco reportada en levaduras (3).

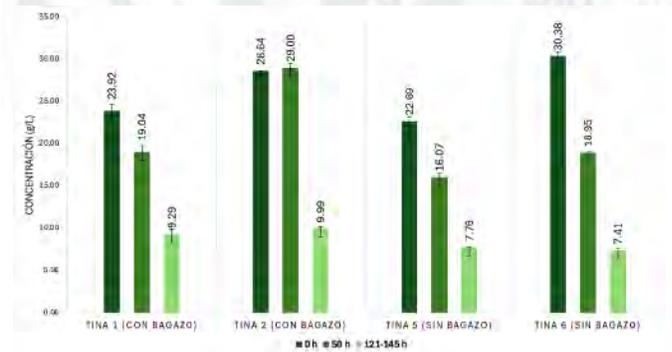


Fig. 1. Concentración de saponinas presentes en la etapa inicial, intermedia y final de las fermentaciones

Conclusiones. Los resultados muestran fermentaciones poco homogéneas y bajos rendimientos de etanol. Las altas concentraciones de saponina podrían representar un factor de inhibición importante para la diversidad microbiana y el proceso de fermentación. Es necesario analizar más a detalle la fermentación y proponer estrategias de mejora para aumentar la productividad, por ejemplo, estandarizar la cantidad de agave y agua en las tinas de fermentación, o incluso el uso de un inóculo silvestre.

Agradecimientos. A SECIHTI por la beca recibida y a CIATEJ por la formación. A mi comité tutorial, a la mezcalera y a mis compañeros de laboratorio.

Referencias.

- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426–428.
- Arellano, M., Gschaedler, A., y Alcázar, M. (2012). Major volatile compounds analysis produced from mezcal fermentation using gas chromatography equipped headspace (GC-HS). *Gas chromatography in plant science, wine technology, toxicology and some specific applications*, 73–88.
- Alcázar M., Kind T., Gschaedler A., Silveria M. et al. (2017). Effect of steroidal saponins from *Agave* on the polysaccharide cell wall composition of *Saccharomyces cerevisiae* and *Kluyveromyces marxianus*. *LWT*, 77, 430–439.

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS EN HORNOS PARA COCCIÓN DE AGAVE EN LA REGIÓN NORTE DE GUERRERO

Jorge Alberto Rodríguez Castro¹; Elizabeth Solleiro Rebolledo²; Ana Rosa García Angelmo³; Elías Hernández Castro⁴; Jorge Huerta Zavala⁴ y José Luis Valenzuela Lagarda¹

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local (FCAA-UAGro), Campus Tuxpan: Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Iguala, Gro; ²Instituto de Geología, UNAM, Circuito Interior s/n, Coyoacán, C.U., 04510 Ciudad de México, ³Centro Regional de Educación Superior de la Costa chica, campus Cruz Grande, Guerrero, ⁴Doctorado en Sostenibilidad de los Recursos Agropecuarios, (FCAA-UAGro), Campus Tuxpan: Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Iguala, Gro UAGRO,

*Autor para correspondencia: solleiro@geologia.unam.mx

Palabras clave: petrografía, conductividad térmica, azúcares

Introducción. El proceso de cocción del agave es fundamental en la producción de mezcal, ya que transforma los azúcares complejos de la piña en azúcares simples para la fermentación y producción de alcohol (1). Las rocas utilizadas no solo aportan calor, sino que también añaden matices terrosos al producto final.

Esta investigación busca analizar las propiedades físicas de los materiales en la cocción de agave para entender su relevancia en el proceso.

Métodos. Se realizaron secciones delgadas de rocas de tres fábricas de mezcal en Tulimán, Chaucingo y Atetetla, en el municipio de Huitzuc de los Figueroa, para su identificación y análisis petrográfico mediante microscopio de luz transmitida. Estas se clasificaron según Dunham (1962) (2) para rocas carbonatadas y el diagrama de Streckeisen para rocas ígneas. La conductividad térmica se midió con un conductímetro TK04, con un rango de 0,3 a 10 W·m⁻¹·K⁻¹ y una precisión de ±2%.

En el proceso de cocción se tomaron muestra de siete piñas con la finalidad de medir el contenido de Azúcares Reductores Totales (ART), la medición se realizó mediante el método de Lane-Eynon (3) con el reactivo de Fehling. La ganancia de ART fue determinada a partir del cambio de estado crudo de las siete piñas posterior a la cocción.

Resultados y discusión. Se identificaron dos tipos de roca en las localidades: en Atetetla se encontró una roca volcánica basalto con textura vesicular sin alteración, en Chaucingo de igual manera roca volcánica que corresponde a basalto con textura porfídica y alteración argílica intensa y pervasiva. En Tulimán, se clasificó como Packstone, con microfósiles y una alteración silicificada débil a moderada y pervasiva.

Conclusiones. El Packstone tiene una conductividad térmica menor que el basalto, pero es más eficiente en la transformación de ART a pesar de su baja durabilidad. Por otro lado, el basalto de la localidd de Chaucingo, con su intensa alteración y textura porfídica, muestra un mejor comportamiento a la dilatación durante la cocción, aunque su conductividad térmica se reduce al 80% de su estado inicial. Para el caso de la localidad de Atetetla la ganancia en ART es alta aunque se presenta una dispersión mayor que las otras localidades.

Agradecimientos. Al instituto de Geología de la UNAM por las facilidades brindadas en los estudios petrográficos.

Referencias.

1. Pérez Hernández, E., Chávez Parga, M., & González Hernández, J. C. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 148-164.
2. Dunham, R.J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W.E., Ed., *Classification of Carbonate Rocks*, AAPG, Tulsa, 108-121.
3. Lane, J.H., & Eynon, L. (1923). Determination of reducing sugars. *International Sugar Journal*, 25, 143.

Tabla 1. Tipo de roca, conductividad térmica y su relación con la ganancia de ART posterior a la cocción del agave

Roca	Conductividad térmica (sin uso)	Conductividad térmica (con uso)	ART (%)	σ
Basalto (Chaucingo)	2.432 W/m K	1.947 W/m K	14.95%	3.77
Packstone (Tulimán)	2.030 W/m K	-	29.66%	17.42
Basalto (Atetetla)	-	-	27.93%	37.31

TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGÍA DE UNA NUEVA BEBIDA PRODUCIDA POR LA FERMENTACIÓN DE LAS MIELES DE AGAVE PULQUERO

Nayeli Martha-Lucero, Gustavo Viniegra-González

Universidad Autónoma Metropolitana, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, # 186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257, viniuami@gmail.com

Palabras clave: agave-pulquero, aprovechamiento integral, bebidas fermentadas

Introducción. Se desarrolló en la UAM, una bebida tipo hidromiel por la fermentación del jarabe de aguamiel diluido con agua [1]. Para transferir este desarrollo se requiere llevar a cabo, sesiones progresivas de aplicación *in situ* con la participación directa de las usuarias a escala pequeña, en las que se recojan, de manera preliminar, sus opiniones sobre los productos generados, lo cual incluye, su apreciación o rechazo para proceder a pruebas de escala mayor en las que podrían hacerse pruebas sensoriales con posibles consumidores del producto. Esta tecnología es parte de la estrategia para añadir valor a los derivados del aguamiel de *A. salmiana* [2].

Métodos. La experiencia se realizó en la comunidad El Molino, San Miguel Tlazintla, Cardonal, Hidalgo, México (20°36'48.199"; 99°7'1.448") con un grupo de 15 mujeres interesadas en este proceso. En una primera etapa, se consideró replicar el trabajo de investigación [1]. Para ello, se emplearon materiales de libre acceso en el mercado, incluyendo recipientes equipados con válvula para fermentación. Antes de iniciar el proceso, se brindó una capacitación orientada a explicar los conceptos fundamentales de la fermentación y resaltar la importancia de las prácticas de inocuidad. La preparación de la bebida fermentada fue realizada por las usuarias en una cocina rural (Fig. 1), siguiendo una metodología, que consistió en la preparación del mosto con jarabe de agave, agua filtrada e infusión de lúpulo (Fig. 2). La formulación empleada fue de 7.5 g de lúpulo, una concentración de azúcares fermentables del 14% (determinada por densimetría), y 10.5 g de levadura comercial distribuidos en dos botellones de 4 L cada uno. Tras 7 días de fermentación en un entorno cálido y oscuro, se procedió a medir el contenido alcohólico y se llevó a cabo una cata preliminar [4], con el objetivo de evaluar el interés de las participantes en escalar el proceso a una producción diez veces mayor.



Fig. 1 Preparación de la bebida en una cocina rural

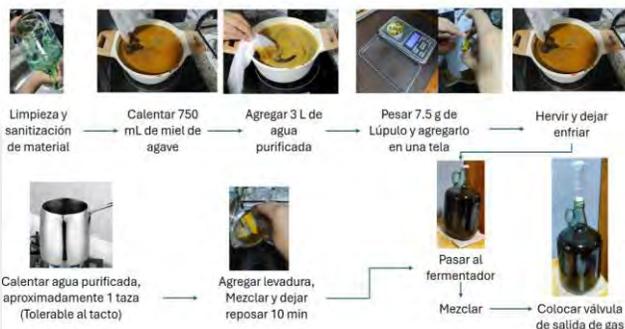


Fig. 2. Diagrama de elaboración de la bebida

Resultados y discusión. Se obtuvo una bebida artesanal con sabores y aromas similares a los de la cerveza y un grado alcohólico del 7%. Los resultados de la cata preliminar fueron positivos y se contrajo el compromiso de escalar la fermentación a 40 L, incluyendo el embotellado manual y la fermentación secundaria *in situ*.

Conclusiones. Los resultados indican la viabilidad de producir una bebida artesanal fermentada, con apariencia y sabores similares a la cerveza, pero con mostos producidos exclusivamente con jarabes de aguamiel. Se requiere escalar el proceso, incluyendo la fermentación secundaria en botella, para generar muestras mayores que permitan evaluar la aceptación del producto por los consumidores locales.

Agradecimientos. Agradecemos al grupo de Magueyjal A. C. por su apoyo promocional y logístico.

Referencias.

- Díaz de León, E. I. (2024). *Diseño de una bebida no destilada a partir de jarabe del Agave salmiana (Agave pulquero)* [Tesina de especialidad, UAM Iztapalapa].
- Viniegra-González, G., & Sánchez, E. O. (2025). Nuevos usos para el agave pulquero. *Biognosis*, 2(1), 8-14.
- Pérez, C., & Boan, M. (2008). *Evaluación sensorial de cerveza*. BA Malt SA, 1-24.
- Castillo Ortiz, I. (2020). *Investigación de mercado gastronómico: Atributos preferidos de los consumidores mexicanos de cerveza artesanal. Un enfoque de análisis conjunto*. Universidad Anáhuac México.

PARTICIPACIÓN DE CEPAS DE LEVADURAS *Saccharomyces* Y No *Saccharomyces* EN LA TRANSFORMACIÓN DE AZÚCARES A ETANOL DURANTE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL

L. Elizarrarás-Lerma, J. López-Miranda*, J.A. Rojas-Contreras, J.B. Paéz-Lerma, F.J. Godínez- García. TecNM/ I.T.Durango. Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica, Durango, Dgo., México. C.P: 34080. jlopez@itdurango.edu.mx

Palabras clave: Fermentación, levaduras, mezcal artesanal

Introducción. El mezcal es una bebida alcohólica originaria de México que se obtiene por destilación del mosto fermentado del jugo de agave cocido. La fermentación es espontánea y se lleva a cabo por levaduras y bacterias nativas. Este proceso define la calidad sensorial y el perfil químico y organoléptico del Mezcal (1). Sin embargo, esta fermentación presenta alta variabilidad en el rendimiento de etanol y en la eficiencia de conversión de azúcares. Por ello, se han explorado fermentaciones controladas con cepas seleccionadas para entender su cinética y rendimiento. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el consumo de carbohidratos, la producción de etanol y biomasa en la fermentación con 9 cepas aisladas de una empresa local.

Métodos. Se utilizaron cinco cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y cuatro de levaduras no- *Saccharomyces* (*Pichia*, *Kluyveromyces marxianus*, *Torulaspota* y *Hanseniaspora*). Se utilizó un mosto artificial con 90 g/L de fructosa y 10 g/L de glucosa, incubado a 28 °C durante 48 horas en dos condiciones: tinas de madera estáticas y matraces agitados (180 rpm). Se tomaron muestras cada 6 y 3 horas respectivamente. Se determinaron azúcares residuales y etanol (g/L) por HPLC. Las curvas de consumo y producción se ajustaron a modelos cinéticos para describir las curvas de consumo y producción.

Resultados y Discusión. Los resultados (Tabla 1) muestran que las cepas de *S. cerevisiae* presentaron mayor eficiencia en la conversión de azúcares a etanol (hasta 45 g/L en 36–42 h), con tasas específicas de hasta 0.9 g/L·h. Las cepas no *Saccharomyces* mostraron rendimientos menores (15–25 g/L), lo que puede ser ventajoso para evitar inhibición por producto en cofermentaciones (2).

Se observó una preferencia por fructosa en todas las cepas. El uso de levaduras no convencionales podría aportar complejidad sensorial, como se ha reportado en vinos y cervezas artesanales (3).

Estos resultados sugieren que una fermentación en co-cultivo podría optimizar tanto el rendimiento alcohólico como la complejidad aromática del mezcal. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre condiciones para la misma cepa ($p > 0.05$).

Tabla 1. Rendimientos de cepas *Saccharomyces* y no *Saccharomyces* en producción y consumo de sustrato en condición de agitación y no agitación

Cepa	Ks (g/L)	Vmax (g/L/h)	Y _{P/S} (g/g)	Y _{P/X} (g/g)	Y _{X/S} (g/g)	Condición
<i>Saccharomyces</i> 1	1.45	3.14	0.43	0.86	0.33	1
<i>Saccharomyces</i> 2	2.36	0.96	0.4	0.97	0.28	1
<i>Saccharomyces</i> 3	2.09	3.5	0.47	0.75	0.38	1
<i>Saccharomyces</i> 4	1.85	3.2	0.37	0.96	0.34	1
<i>Saccharomyces</i> 5	0.86	1.31	0.43	0.81	0.28	1
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	1.09	1.32	0.4	0.71	0.37	1
<i>Pichia kudriavzevii</i>	0.83	1.35	0.46	1.05	0.28	1
<i>Torulaspota delbrueckii</i>	2.66	1.67	0.52	1.03	0.45	1
<i>Hanseniaspora uvarum</i>	2.04	2.68	0.38	1.05	0.31	2
<i>Saccharomyces</i> 1	1.06	3.83	0.49	1.01	0.36	2
<i>Saccharomyces</i> 2	1.93	1.08	0.46	1.04	0.32	2
<i>Saccharomyces</i> 3	1.6	4.88	0.52	0.82	0.44	2
<i>Saccharomyces</i> 4	1.4	4.33	0.43	1.04	0.39	2
<i>Saccharomyces</i> 5	0.73	1.85	0.46	0.87	0.32	2
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	0.73	1.73	0.47	0.83	0.4	2
<i>Pichia kudriavzevii</i>	0.59	1.73	0.49	1.18	0.31	2
<i>Torulaspota delbrueckii</i>	1.8	2.22	0.56	1.19	0.48	2
<i>Hanseniaspora uvarum</i>	1.4	3.1	0.44	1.12	0.35	2

Condición 1: Tina de madera sin agitación. Condición 2: Matraz de vidrio con agitación (180 rpm)

Conclusiones. Las fermentaciones con cepas seleccionadas permitieron identificar perfiles diferenciados de consumo de azúcares y producción de etanol. Las cepas *Saccharomyces* ofrecieron eficiencia y robustez, mientras que las no *Saccharomyces* aportaron diversidad y flexibilidad. Estos hallazgos sugieren el potencial de diseñar fermentaciones mixtas controladas para productos más consistentes y con mayor valor añadido.

Referencias.



COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DURANTE LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL

Adriana Ortega Aguilera, Juan A. Rojas Contreras, Erick D. Acosta García, Fernando Solís, Javier López Miranda*
 Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango,
 Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Durango 34080, México; Tel: +(52) 016181174768. Correo: jlopez@itdurango.edu.mx

Palabras clave: Mezcal artesanal, Fermentación, comportamiento térmico

Introducción. Durante el proceso de producción de mezcal artesanal la inoculación ocurre de manera espontánea con los microorganismos presentes en el ambiente. La fermentación se realiza usualmente en el mismo recipiente no higienizado. Debido a ello no es posible uniformizar la calidad del producto (Holzapfel, 2002). Además, la actividad de los microorganismos durante la fermentación depende de la temperatura del sistema (Liang et al, 2023). En las fermentaciones realizadas para la producción de mezcal, el crecimiento de las levaduras ocurre alrededor de los 25 °C. Esta se desacelera significativamente a 18 °C y se detiene por completo a los 10 °C (González, 2018; Guzzon et al., 2009; Liu, 2002). Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo elucidar el comportamiento de la temperatura en la tinas de fermentación durante la producción de mezcal artesanal y su asociación con la temperatura ambiente.

Métodos. Se censó la temperatura en el centro y en el exterior de la tina de fermentación a 10m de distancia. Las temperaturas se midieron durante el curso de dos procesos fermentativos. El primero se realizó del 12 al 19 de marzo y el segundo del 20 al 25 de marzo de 2025. En ambas fermentaciones se utilizó agave cocido y molido provenientes del mismo lote. La recolección de datos se realizó de manera continua en periodos de una hora.

Resultados y discusión. Los resultados (Figura 1) muestran que las variaciones de temperatura al interior y exterior de las tinas fueron diferentes para las fermentaciones estudiadas. Es importante señalar que en ambas fermentaciones el mosto utilizado proviene del mismo lote de cocimiento y molienda, pero la segunda fermentación se inició ocho días después de haber iniciado la primera. La temperatura de la tina se denota por la letra T y la temperatura ambiente por la letra A. El orden de realización se denota por los número 1 y 2. Como se observa, el desfase en el inicio de ambas fermentaciones influye notoriamente en el comportamiento de las temperaturas de las tinas de fermentación. Es probable que esto influya en la carga microbiana inicial, lo que puede explicar el aumento de T2 respecto a T1, permitiendo especular que la transferencia de calor entre la tina y el ambiente ocurre a menor velocidad cuando las poblaciones microbianas del inóculo son mayores. Lo cual concuerda con las observaciones del maestro mezcalero, quien percibió un efecto fermentativo bastante pobre en la tina uno, mientras que

en la tina dos este fue significativamente mejor, lo que permitió acortar el tiempo de fermentación en alrededor de dos días.

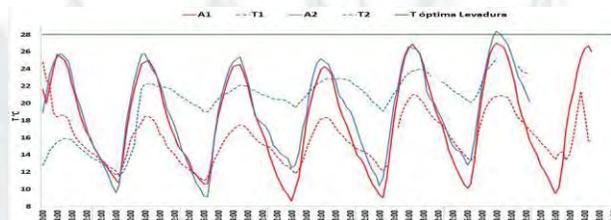


Fig. 1. Comportamiento térmico durante las fermentaciones

Conclusiones. La temperatura de las tinas durante el proceso de fermentación depende de la temperatura ambiente y de la carga microbiana inicial, siendo mayor el efecto de esta última que el de la primera. El conocimiento de la temperatura al interior de las tinas de fermentación puede utilizarse como un control indirecto de la realización de esta. Finalmente, es recomendable que se deje reposar por una semana el agave cocido y molido antes de iniciar con la fermentación.

Agradecimientos. A la empresa Origen raíz del espíritu por su apoyo, para la realización de este trabajo. A la SECIHTI por el financiamiento del primer autor con la asignación 2061586.

Referencias.



¿CÓMO INFLUYE LA INFORMACIÓN DE DESTILADOS DE AGAVE EN LAS EMOCIONES DEL CONSUMIDOR?

Magdiel Pablo-Cano, Sergio Erick García-Barrón*, Anastacio Espejel-García.

ESDAI Universidad Panamericana, Augusto Rodin 498, Ciudad de México 03920, (55) 8250-3600 ext. 8154,
*sergiogarcia@up.edu.mx.

Palabras clave: Biodiversidad, agostadero, especies endémicas

Introducción. La información proporcionada sobre un alimento o bebida podría modificar la percepción emocional de los consumidores; influyendo en su comportamiento. A pesar de la importancia de las emociones, en el caso de los destilados de agave, no se han estudiado. Una forma de estudio de las respuestas emocionales es a través de emojis, lo cual podría aportar información adicional más allá de la aceptación sensorial (Pinto et al., 2020).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia de la información sobre las emociones de los consumidores de destilados de agave (Bacanora, Mezcal, Raicilla y Tequila) mediante el uso de emojis.

Métodos. Las emociones fueron evaluadas en dos condiciones. En la condición “a ciegas”, los participantes (n = 50) evaluaron los destilados sin información. En la condición “informada”, los participantes (n = 50) evaluaron las muestras con información del destilado. Las emociones generadas en cada condición se evaluaron usando un cuestionario de emojis-RATA (Rate-All-That-Apply), con una escala de 7-puntos, adaptado de Jaeger y Ares (2017). Los análisis estadísticos de las puntuaciones RATA se llevaron a cabo utilizando un ANOVA y la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD).

Resultados y discusión. En la condición “a ciegas”, los emojis de emociones negativas diferenciaron significativamente a los destilados (Tabla 1), principalmente al Bacanora y el Mezcal.

En la condición informada el Tequila presentó puntuaciones altas de emociones positivas (😊 feliz, 😄 alegre y 😊 contento), además se observaron valores altos de emociones neutras (😮 sorprendido). Sin embargo, la emoción negativa (😟 preocupado) se encontró dentro del rango neutro de la escala empleada (Tabla 1). En contraste el Bacanora presentó los valores de emociones positivas (😊 feliz y 😄 alegre) más bajos.

De acuerdo con los resultados la información puede inducir a la generación de emociones positivas, este efecto pudo deberse a que los consumidores posiblemente estarían familiarizados con el Tequila y en menor medida con el Mezcal. Schifferstein & Desmet (2010), señalan que las emociones positivas dependen del nivel de agrado y la información del producto como podría ser el caso.

Conclusiones. Se concluye que la información de los destilados influye en el tipo de emociones generadas que pueden ser positivas o negativas, lo cual podría deberse a la familiaridad de los consumidores con los destilados. Por ello sería conveniente analizar el rol de la familiaridad en la generación de emociones. Particularmente cuando se trata de productos considerados tradicionales.

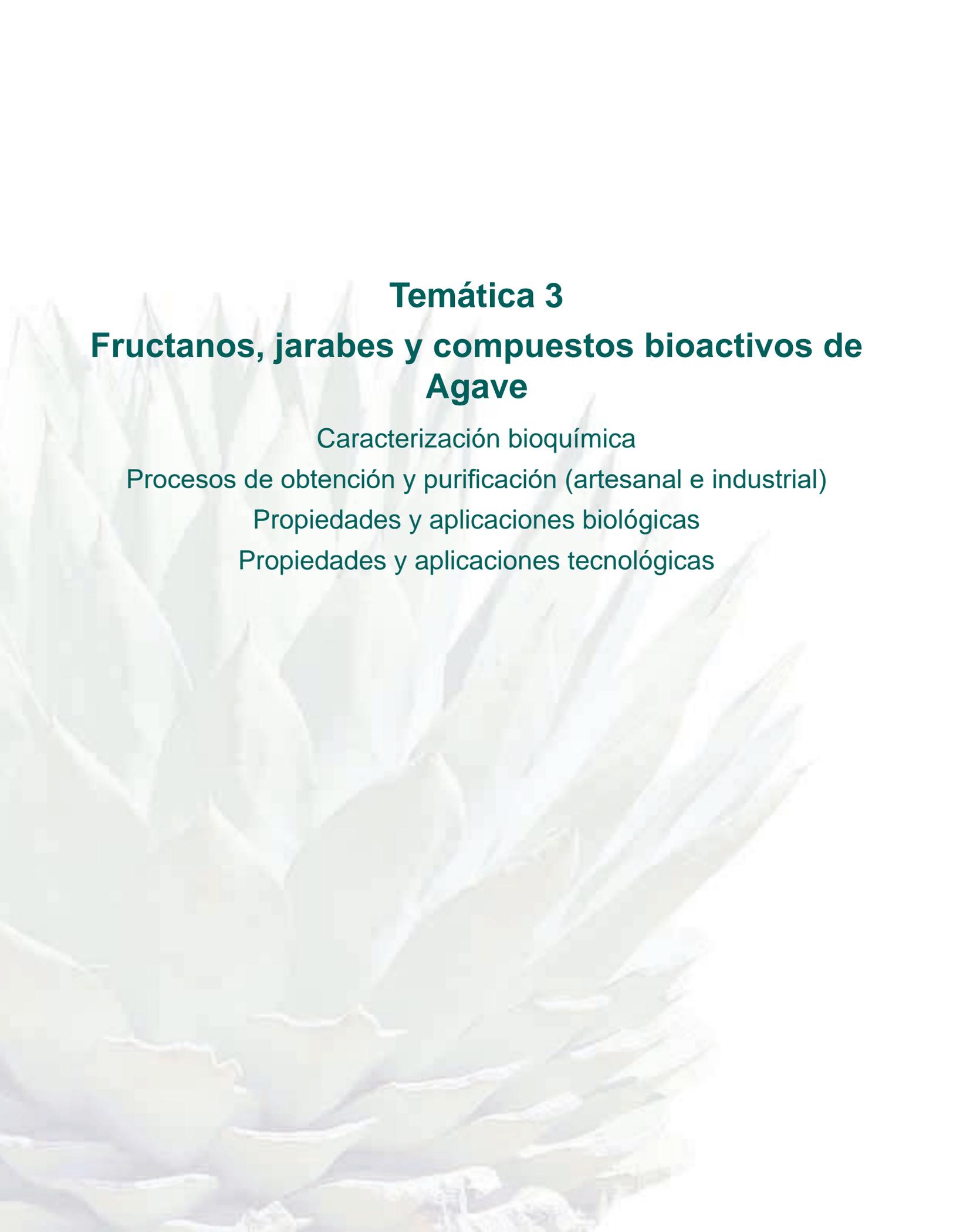
Agradecimientos. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo económico brindado mediante la beca 901828.

Referencias.

1. Jaeger, S. R., & Ares, G. (2017). Dominant meanings of facial emoji: Insights from Chinese consumers and comparison with meanings from internet resources. *Food Qual. Prefer*, 62, 275–283.
2. Schifferstein, H. N. J., & Desmet, P. M. A. (2010). Hedonic asymmetry in emotional responses to consumer products. *Food Qual. Prefer*, 21(8), 1100–1104.

Tabla 1. Comparación de medias por condición para los Emojis significativos (Prueba LSD)

Variable	Bacanora	Mezcal	Raicilla	Tequila
Condición a ciegas				
😞 Frustrado	5.50 ^a	3.75 ^{ab}	2.08 ^c	2.83 ^{bc}
😞 Triste (Cansado)	6.25 ^a	4.25 ^{ab}	2.75 ^b	3.00 ^b
😟 Enojado (Molesto)	5.50 ^a	4.00 ^{ab}	2.88 ^b	2.50 ^b
Condición informada				
😊 Feliz	3.57 ^c	5.08 ^a	4.32 ^b	5.41 ^a
😄 Alegre	3.71 ^c	4.47 ^b	4.03 ^{bc}	5.41 ^a
😊 Contento	3.83 ^b	4.69 ^a	3.68 ^b	5.13 ^a
😟 Preocupado	2.50 ^b	3.36 ^{ab}	3.40 ^{ab}	4.55 ^a
😮 Sorprendido	5.03 ^b	4.81 ^b	4.71 ^b	6.16 ^a
Valores con diferente letra dentro de cada fila son estadísticamente diferentes (p ≤ 0.05)				



Temática 3

Fructanos, jarabes y compuestos bioactivos de Agave

Caracterización bioquímica

Procesos de obtención y purificación (artesanal e industrial)

Propiedades y aplicaciones biológicas

Propiedades y aplicaciones tecnológicas





Título de conferencia: Fructanos de *Agave salmiana* como potenciales moduladores de la microbiota intestinal

Dr. Fidel Martínez Gutiérrez

Profesor en la Facultad de Ciencias Químicas e Investigador en el Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina, en donde se desempeña como Jefe de la Sección de Genómica Médica, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Sus intereses de investigación actuales incluyen la resistencia

a los antimicrobianos y el desarrollo de nuevas alternativas antimicrobianas contra las formas planctónicas y de biopelículas. También está interesado en el área de microbiología de probióticos, así como en el área de prebióticos y su combinación para desarrollar sinbióticos con potencial para modular la microbiota.

Los Proyectos de Investigación desarrollados en el Laboratorio de Antimicrobianos, Biopelículas y Microbiotapor encabezados por el Dr. Martínez Gutiérrez, se encuentran inmersos en colaboraciones clínicas que atienden los principales problemas de salud, tales como la multiresistencia a antibióticos y las enfermedades relacionadas a la disbiosis microbiana, las cuales ha estudiado en condiciones in vitro, in vivo con biomodelos y en intervenciones con población humana.



Título de conferencia: Del aguamiel al pulque: destino de los azúcares complejos del agave

Dr. Agustín López Munguía

Profesor en la Facultad de Ciencias Químicas e Investigador en el Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina, en donde se desempeña como Jefe de la Sección de Genómica Médica, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Sus intereses de investigación actuales incluyen la resistencia a los antimicrobianos y el desarrollo de nuevas alternativas antimicrobianas contra las formas planctónicas y de biopelículas. También está interesado en el área de microbiología de probióticos, así como en el área de prebióticos y su combinación para desarrollar sinbióticos con potencial para modular la microbiota.

Los Proyectos de Investigación desarrollados en el Laboratorio de Antimicrobianos, Biopelículas y Microbiotapor encabezados por el Dr. Martínez Gutiérrez, se encuentran inmersos en colaboraciones clínicas que atienden los principales problemas de salud, tales como la multiresistencia a antibióticos y las enfermedades relacionadas a la disbiosis microbiana, las cuales ha estudiado en condiciones in vitro, in vivo con biomodelos y en intervenciones con población humana.

Los Proyectos de Investigación desarrollados en el Laboratorio de Antimicrobianos, Biopelículas y Microbiotapor encabezados por el Dr. Martínez Gutiérrez, se encuentran inmersos en colaboraciones clínicas que atienden los principales problemas de salud, tales como la multiresistencia a antibióticos y las enfermedades relacionadas a la disbiosis microbiana, las cuales ha estudiado en condiciones in vitro, in vivo con biomodelos y en intervenciones con población humana.



Título de conferencia: Separación, caracterización y aplicación de fracciones de fructanos de agave como aditivos alimentarios y en la microencapsulación

Dra. Rosa Isela Ortiz Basurto

Doctora en Ingeniería de Procesos Agroalimentarios por la Universidad de Montpellier, Francia. Cuenta con una destacada trayectoria de más de 25 años como profesora-investigadora, tiempo en el que ha contribuido significativamente a la formación de talento y al desarrollo científico en el área de alimentos. Fue fundadora de la carrera en Producción Alimentaria en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, y desde 2009 forma parte del cuerpo académico del Posgrado en Ciencias en Alimentos del TecNM-ITTEpic.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII Nivel II) y cuenta con perfil PRODEP. En 2018 recibió el galardón “Mujer Inspiradora del Siglo XXI” por la Global Quality Foundation, y ha sido asesora de proyectos de innovación con impacto nacional, como el proyecto “YACUB: Bioplásticos de Jaca”, ganador del primer lugar en el concurso CENITAE 2021.

Ha dirigido más de 45 tesis de licenciatura, maestría y doctorado —incluyendo co-tutelas con universidades francesas como Grenoble y CIRAD—, y ha desarrollado 26 proyectos de investigación, seis de ellos con transferencia directa a la industria. Su producción científica incluye 64 artículos indexados, un libro compilado, 11 capítulos de libro, un cuaderno técnico y dos patentes en proceso ante el IMPI.

Es evaluadora acreditada RCEA-CONACYT Y NUBE, y miembro activo de redes y asociaciones científicas como AGARED, AMECA y ALFANUTRA. Sus principales líneas de investigación se centran en el fraccionamiento y aplicación de fructanos de agave, secado por aspersion y microencapsulación, desarrollo de productos agroindustriales, procesos de filtración tangencial asistidos por ultrasonido y elaboración de membranas poliméricas a partir de biopolímeros.

LOS FRUCTANOS DE AGAVE COMO FUENTE DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO L-LÁCTICO POR *Lactobacillus acidophilus*

Juan Luis Morales Landa, Lorena Moreno Vilet, Daniela Alejandra Robles Vences, Carlos Eduardo Muñiz Cervantes y Noé Luiz Santos*.

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Autopista Mty-Aeropuerto, Vía de la Innovación 404, Parque PIIT, 66628, Apodaca, Nuevo León, México, 8182155200, *nsantos@ciatej.mx

Palabras clave: Fructanos de agave, L-ácido láctico, Bacterias ácido-lácticas

Introducción. Las bacterias ácido-lácticas tienen la capacidad de producir ácido láctico (1), en isómeros L y D. El isómero L es especialmente relevante para la producción de ácido poliláctico (PLA), ya que su pureza influye en las propiedades del biopolímero. La proporción de isómeros generados varía según la cepa y el sustrato, por lo que es clave evaluarlos para optimizar la obtención del isómero deseado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y la producción de isómeros de ácido láctico utilizando *Lactobacillus acidophilus* ATCC® 314 en fructooligosacáridos (FOS) con grado de polimerización (GP) entre 3-10 unidades y Fructanos de alto peso molecular (FAPM) con GP>10 como fuente de carbono.

Métodos. El crecimiento y la producción de ácido láctico (L y D) por *L. acidophilus* se llevó a cabo durante 24 h en caldo MRS, en el cual se sustituyó la glucosa por 1% de FOS o FAPM. Las fermentaciones se inocularon con una concentración inicial de 1×10^6 UFC/mL. El crecimiento bacteriano se monitoreó mediante mediciones densidad óptica (DO) a 595 nm, calculando la velocidad específica de crecimiento (μ) y la DO máxima. La cuantificación de los isómeros L y D del ácido láctico se realizó a 340 nm utilizando un analizador automático Y15 y kits enzimáticos (BioSystem®), al finalizar el periodo de incubación.

Resultados y discusión. El crecimiento de *L. acidophilus* mostró mayores valores con FOS en comparación de los FAPM (Fig. 1). Se alcanzó un DO_{max} de 1.27 ± 0.07 ($\mu = 0.68 \pm 0.00 \text{ h}^{-1}$), 0.54 ± 0.02 ($\mu = 0.27 \pm 0.02 \text{ h}^{-1}$) y 0.22 ± 0.01 ($\mu = 0.34 \pm 0.03 \text{ h}^{-1}$) utilizando glucosa, FOS y FAPM como fuente de carbono. La diferencia en el crecimiento puede atribuirse a que la hidrólisis de los FOS es más simple en comparación con los FAPM, lo cual permite a la bacteria metabolizarlos con mayor rapidez (2-4).

No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en la producción de ácido láctico para FOS y FAPM. Sin embargo, se observó una diferencia significativa en la producción de ácido D-láctico (Tabla 1), siendo mayor con FAPM ($0.15 \pm 0.01 \text{ g/L}$) que con FOS ($0.08 \pm 0.02 \text{ g/L}$) ($p < 0.05$). En % de proporción L-ácido láctico/D-ácido láctico se alcanzó un 52.42/47.57, 92.92/7.08 y 87.5/12.5 para glucosa, FOS y FAPM.

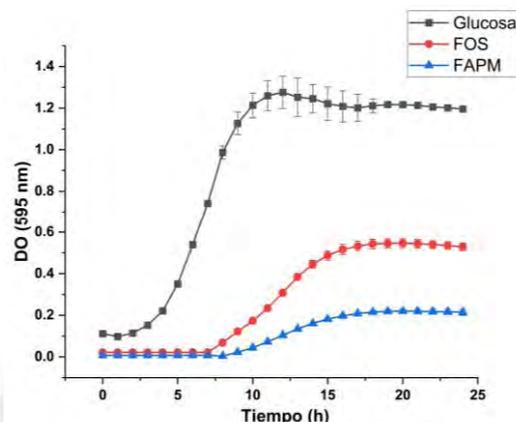


Fig. 1. Curva de crecimiento de *L. acidophilus* utilizando glucosa, FOS y FAPM como fuentes de carbono. Valores expresados como promedio \pm desviación estándar ($n = 3$).

La alta proporción de ácido L-láctico utilizando fructanos puede atribuirse a una actividad dominante de la L-lactato deshidrogenasa (L-LDH) lo que conduce a la producción casi exclusiva de ácido L-láctico.

Tabla 1. Producción de L y D ácido láctico utilizando FOS y FAPM como fuente de carbono

Carbohidrato	L- Láctico (g/L)	D-Láctico (g/L)
Glucosa	8.53 ± 0.65^a	7.74 ± 0.34^a
FOS	1.05 ± 0.21^a	0.08 ± 0.02^b
FAPM	1.05 ± 0.07^a	0.15 ± 0.01^b

Conclusiones. El grado de polimerización de los fructanos evaluados afecta la proporción de isómeros de ácido láctico producidos, en particular los FOS inducen una mayor proporción de L-ácido láctico.

Agradecimientos. Proyecto Internos de Investigación CIATEJ (PIICs) 2023, No. 2003400359.

Referencias.



PESO MOLECULAR DE FRUCTANOS DE AGAVE COMERCIALES DETERMINADO POR CROMATOGRAFÍA DE EXCLUSIÓN

Rosa Maria Camacho Ruiz*, Lorena Moreno Vilet

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Camino Arenero No. 1227, Zapopan, Jalisco, 3333455200, *rcamacho@ciatej.mx.

Palabras clave: fructanos, peso molecular, cromatografía de exclusión

Introducción. Los fructanos de agave son de gran interés como ingrediente en la industria alimentaria. La funcionalidad tanto biológica como tecnológica de los fructanos depende de su peso molecular (1). Hay pocos métodos que nos ayuden a determinar la distribución de tamaños de los fructanos de agave, sin embargo, HPLC-SEC ha mostrado ser eficiente (2). Por otro lado, la variabilidad en los procesos de extracción, purificación y secado de fructanos de agave en la industria podrían contribuir a importantes diferencias en la distribución de tamaños entre fructanos de agave comerciales.

Se realizaron análisis de fructanos de agave comerciales para determinar la variabilidad de la distribución de tamaños de muestras provenientes de distintas empresas.

Métodos. Se analizaron ocho muestras de fructanos de agave comerciales de distintas empresas. Se utilizó cromatografía de líquidos acoplada a columna de exclusión HPLC-SEC. Se utilizó agua como fase móvil y la columna Ultrahydrogel DP, Waters como fase estacionaria, en un cromatógrafo Agilent. Se realizó una curva de estándares de distintos pesos moleculares que correlacionó el peso molecular con el tiempo de elusión de acuerdo con el método reportado por Vilet y cols. (2).

Resultados y discusión. Se encontró una gran variabilidad en la distribución de tamaños entre muestras de fructanos de agave comerciales.

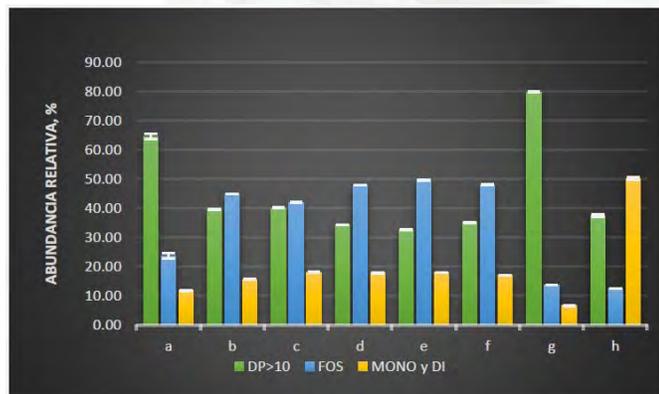


Fig. 1. Distribución de tamaños, en función del grado de polimerización, de fructanos de agave comerciales de distintas empresas

El contenido de fructanos de alto grado de polimerización DP>10 osciló entre 32 y 79% entre las 8 muestras comerciales, que corresponde a un coeficiente de variación (CV) del 37%. El contenido de FOS osciló entre 12

y 49% (CV del 45%), los mono y disacáridos tuvieron un CV del 67% oscilando entre 6 y 59% (Figura 1).

Se determinó el peso molecular y el grado de polimerización promedio, el peso molecular osciló entre 1396 y 3110 g/mol, con un CV del 33%, el grado de polimerización DP osciló entre 8.5 y 19.1, con un CV del 34% (Tabla 1).

Tabla 1. Peso molecular, grado de polimerización promedio

Empresa	Peso Molecular (Mn), g/mol	Grado de polimerización promedio, DPn
a	2389 ± 9	14.6 ± 0.3
b	1592 ± 2	9.7 ± 0.1
c	1590 ± 2	9.7 ± 0.1
d	1432 ± 1	8.7 ± 0.1
e	1396 ± 2	8.5 ± 0.1
f	1463 ± 2	8.9 ± 0.1
g	3110 ± 2	19.1 ± 0.1
h	1524 ± 9	9.3 ± 0.1

Conclusiones. Existe mucha variación en la distribución de tamaños de los fructanos entre empresas. El parámetro con mayor variación es el contenido de mono y disacáridos. Por un lado, la variabilidad propia de la materia prima y por otro las diferencias entre los procesos de obtención contribuyen a estas diferencias.

Agradecimientos. A CIATEJ por el apoyo económico.

Referencias.

- Márquez-Aguirre, A. L., Camacho-Ruiz, R. M., Arriaga-Alba, M., Padilla-Camberos, E., Kirchmayr, M. R., Blasco, J. L., & González-Avila, M. (2013). Effects of Agave tequilana fructans with different degree of polymerization profiles on the body weight, blood lipids and count of fecal Lactobacilli/Bifidobacteria in obese mice. *Food & function*, 4(8), 1237-1244.
- Moreno-Vilet, L., Bostyn, S., Flores-Montaña, J. L., & Camacho-Ruiz, R. M. (2017). Size-exclusion chromatography (HPLC-SEC) technique optimization by simplex method to estimate molecular weight distribution of agave fructans. *Food Chem*, 237, 833-840.

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROBIÓTICA DE BACTERIAS AISLADAS DE HARINA DE *Agave duranguensis*

Betsabe Cervantes Martínez^{1,2}, María Cristina Hernández Jimenez²; Claudia Patricia Larralde-Corona¹; José Alberto Narváez Zapata¹, María del Socorro Ramírez González^{1,2*} ¹Instituto Politécnico Nacional- Centro de Biotecnología Genómica (Blvd. Del Maestro, S/N, Reynosa, Tamps. 88710), ²Laboratorio Genética y Genómica Comparativa UAMRA-UAT (C 16, Aztlán, Reynosa, Tamps. 88740). Correspondencia: Tel. (899)-9243627, Ext. 87745, *mdramirezg@ipn.mx

Palabras clave: *Agave duranguensis*, Bacterias, Probióticos

Introducción. Los probióticos son microorganismos vivos los cuales administrados en cantidades adecuadas confieren salud al huésped (1). El género *Bacillus* a pesar de considerarse como un microorganismo aislado principalmente del suelo ha sido utilizado como probiótico por más de 50 años en productos fermentados o suplementos a base de sus esporas (2). Las investigaciones actuales están en la búsqueda de nuevos microorganismos con potencial probiótico aislados de diferentes fuentes y que puedan contribuir en el campo de la salud humana (3,4). El objetivo de este trabajo es el aislamiento, identificación macroscópica y molecular de bacterias aisladas de harina de *Agave duranguensis*, así como, la evaluación *in vitro* de su potencial efecto probiótico.

Métodos. El aislamiento de las bacterias se realizó a partir de harina de hojas de *Agave duranguensis*. Se realizó una caracterización macroscópica y tinción de Gram de las cepas aisladas, para su posterior identificación genética, mediante PCR y la amplificación parcial del gen 16S del ADN ribosomal. Del análisis de las secuencias obtenidas se seleccionaron algunas cepas para la evaluación de su potencial probiótico mediante las siguientes pruebas, P. bilis, P. acidez, en ambas pruebas se evaluó la tolerancia, en placas de agar-LB por la técnica de microgota, y se representó la viabilidad en (ufc/ml). Se evaluó, también la actividad catalasa y actividad hemolítica, usando como control una cepa de *Bacillus subtilis* (Met. 2).

Resultados y discusión. Se seleccionaron 3 cepas, para su caracterización macroscópica y presentando, tinción de Gram (+) Fig.1



Figura 1. Identificación macroscópica A) Crecimiento en agar LB; B) Tinción Gram (+)

Las cepas se identificaron molecularmente como *Bacillus siamensis* (ADI), *B. haynesii* (ADIII) y *B. pumilus* (ADIV). En las pruebas de bilis y acidez, todas las cepas toleraron un porcentaje arriba de 0.3% de sales biliares

(0xgall) y se demostró que las cepas podían crecer a bajas condiciones de pH de 2.5. Las 3 cepas presentaron actividad catalasa (+). y actividad β -hemolítica Fig.2

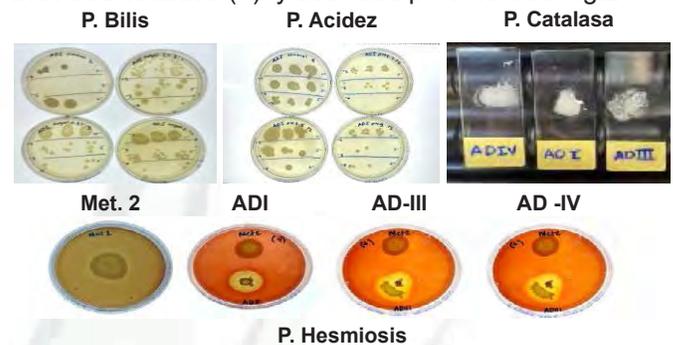


Figura 2. Evaluación del potencial probiótico de las bacterias ADI, ADIII Y ADIV. Prueba(P)

Conclusiones. Las cepas *B. siamensis* (ADI), *B. haynesii* (ADIII) y *B. pumilus* (ADIV), aisladas de harina de *Agave duranguensis*, al presentar una respuesta favorable en 3 de las 4 pruebas realizadas (bilis, acidez y prueba catalasa), podrían ser cepas con potencial probiótico, sin embargo, al presentar actividad β -hemolítica, deberán realizarse estudios epidemiológicos adicionales para garantizar su uso como probiótico en animales o humanos.

Agradecimientos. Proyecto SIP-20254003

Referencias.



PERFIL DE FRUCTANOS DE AGAVE EN EL JUGO DE HOJAS DE *Agave salmiana*

Nayeli Martha-Lucero¹, Rosa Camacho-Ruiz², Gustavo Viniegra-González¹ y Alma Cruz-Guerrero^{1*}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, # 186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257,

²Biotecnología Industrial, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C, 44270 Guadalajara, México, aec@xanum.uam.mx

Palabras clave: fructanos, hojas, *A. salmiana*

Introducción. El agave, planta endémica de México, destaca por su adaptación a climas áridos [1]. Industrialmente, se ha explotado el *Agave tequilana* principalmente por sus cabezas, ricas en fructanos ramificados (GP > 10), mientras que las hojas se descartan como residuo. No obstante, existe interés creciente en los fructanos de cadena corta (GP < 10), conocidos como fructooligosacáridos (FOS), debido a sus propiedades prebióticas superiores. Esto ha impulsado investigaciones para aumentar la proporción de FOS mediante hidrólisis [2]. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar los fructanos de las hojas de *Agave salmiana* para evaluar su potencial prebiótico.

Métodos. Se analizó la distribución de fructanos en el jugo extraído de la base (76.92 ± 6.45 g/L) y del ápice (100.45 ± 1.37 g/L) de hojas de *Agave salmiana*, utilizando un sistema de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) equipado con una columna Ultrahydrogel DP®. La fase móvil consistió en agua acidificada con HCl, ajustada a un pH de 5.4, con un flujo constante de 0.3 mL/min y una temperatura de operación de 50 °C. Las distribuciones obtenidas se ajustaron mediante un algoritmo lineal (método simplex), que minimiza la suma de errores cuadrados de funciones convexas [3].

Resultados y discusión. La distribución de carbohidratos en las hojas evidenció un predominio de FOS con GP < 10, alcanzando un 76.92% en el ápice (Figura 1a) y un 63.6% en la base (Figura 1b). Es importante resaltar que el tamaño de los carbohidratos varía notablemente: en el ápice se encuentra una mayor abundancia de GP: 3, 4 y 5, mientras que en la base predominan los carbohidratos con GP = 6, ausentes en el ápice. Además, se encontró una considerable presencia de fructosa.

Conclusiones. Los hallazgos indican que las hojas de *A. salmiana* son adecuadas para la extracción de FOS (GP < 10), ofreciendo nuevas oportunidades para el aprovechamiento integral del agave a través de la producción de bioproductos de alto valor añadido, lo que favorece la economía circular y el desarrollo de cultivos endémicos en México.

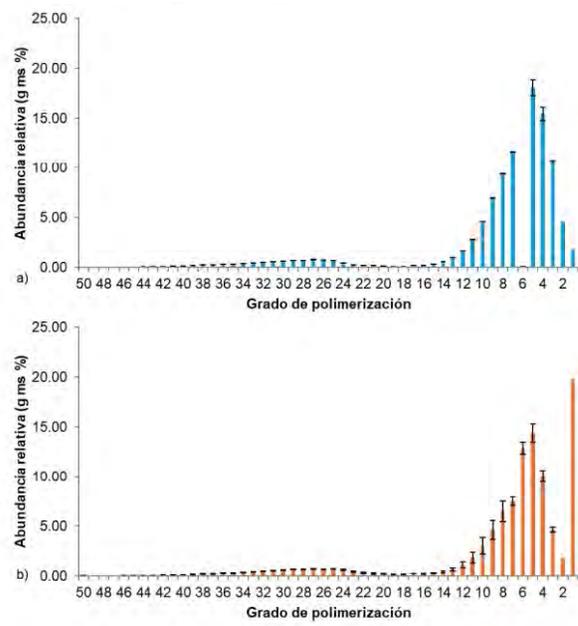


Fig. 1 Abundancia relativa y grados de polimerización de los fructanos presentes en el jugo de la hoja de *A. salmiana* (a) ápice, (b) base. Distribución diferencial del peso molecular: fracciones molares normalizadas al área = 100%. materia seca (ms)

Agradecimientos. Nayeli Martha-Lucero disfrutó de una beca de posgrado del CONACYT.

Referencias.

- Nobel, P. S. (1991). Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants. *New Phytologist*, 119(2), 183-205.
- Ávila-Fernández, Á., et al. (2011). Production of functional oligosaccharides through limited acid hydrolysis of agave fructans. *Food Chemistry*, 129(2):380–386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.088>.
- Moreno-Vilet, L., et al. (2017). Size-exclusion chromatography (HPLC-SEC) technique optimization by simplex method to estimate molecular weight distribution of agave fructans. *Food Chemistry*, 237, 833-840.

HIDRÓLISIS DE FRUCTANOS DE AGAVE POR MEDIOS ENZIMÁTICOS: ¿MENOS PROBLEMAS, MÁS RENDIMIENTO?

Francisco Javier Anguiano Melendrez, Rubén Espinosa Salgado, Juan Carlos Mateos Díaz, Rosa María Camacho Ruíz, Melchor Arellano Plaza, Jorge Alberto Rodríguez González*

Biología Industrial, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, (CIATEJ) Camino Arenero 1227, el Bajío 45019 Zapopan, Jalisco, México. * jrodriguez@ciatej.mx.

Palabras clave: Hidrólisis, Fructanasa, Jugo de agave

Introducción. En México, la industria del agave representa aproximadamente el 1 % del PIB agrícola nacional [1]. De esta planta se obtienen jarabes y diversas bebidas fermentadas, alcohólicas o no, siendo el tequila la más reconocida tanto a nivel nacional como internacional. El cultivo y procesamiento del agave ha adquirido una creciente relevancia económica, con un aumento sostenido en su producción. Por ello, el desarrollo de estrategias que optimicen su aprovechamiento resulta fundamental.

Tradicionalmente, la hidrólisis de los azúcares del agave se realiza mediante la cocción de las piñas, pero cada vez más industrias utilizan difusores, seguido de una hidrólisis ácido-térmica, o bien resinas de intercambio catiónico. Sin embargo, estos procesos generan inhibidores de la fermentación, como furfural y compuestos fenólicos [2].

Ante esta problemática, surge la hidrólisis enzimática mediante fructanasas, que se ha propuesto como una estrategia viable, más ecológica, y que ha demostrado reducir la variabilidad del proceso sin alterar las características organolépticas de la bebida [3].

En este trabajo se demuestra la viabilidad de utilizar fructanasas (Agavezyme™), logrando resultados comparables a la hidrólisis tradicional en tiempo y eficiencia.

Métodos. El Jugo de *Agave tequilana* (Tql), fue obtenido por difusor de una tequilera. Los jugos de *Agave Salmiana* (Salm) y *Agave Guadalupeño*, conocido como Masparillo (Masp), fueron extraídos por lixiviación. Estos fueron hidrolizados a pH 3, añadiendo H₂SO₄ y calentando a 95 °C por 6 h. Para la hidrólisis enzimática se añadieron 60 U de Agavezyme™ por g de fructano y se incubó a 50 °C por 4 h. La hidrólisis se monitoreó mediante el método de DNS [4]. Los jugos enriquecidos se fermentaron (72 h, 30 °C) y se les cuantificó compuestos volátiles y ácidos orgánicos como en [5].

Resultados y discusión. Los jugos de distintos agaves fueron hidrolizados mediante el proceso ácido-térmico (H₂SO₄) y Agavezyme™ (EZQ); ver Tabla 1. Se observó consistentemente que el uso de Agavezyme™ permite valores de hidrólisis más altos. Este resultado concuerda con lo reportado por [6], quienes mencionan que la hidrólisis enzimática alcanzó una eficiencia del 97.5 %, frente al 83.8 % obtenido mediante hidrólisis ácido-térmica.

Por otro lado, al analizar la producción de etanol y otros compuestos volátiles, se observó que una mayor

eficiencia en la hidrólisis no implicó necesariamente una mayor producción de etanol. Por ejemplo, los jugos de Masparillo de plantas de 8 y 11 años, presentaron diferencias notables en la cantidad de etanol producido. Esto podría atribuirse a la presencia de compuestos inhibidores, como las saponinas, que se encuentran comúnmente en jugos de agaves jóvenes o menos domesticados [7]. También pudiera deberse a aquellos que pudieran generarse durante la hidrólisis enzimática (caso Tql), similar a lo reportado por [8], ya que Agavezyme™ es un coctel enzimático que puede contener otras enzimas accesorio. Distintos experimentos están en curso para entender mejor que compuestos son los causantes de la inhibición.

Tabla 1. Rendimientos de hidrólisis y fermentación

Agave	°Brix	Trat	Hidrolizado (g/l)	Rend. H	Etanol (g/l)	EtO-H/H (g/g)	Rend.* F
Tql 6 años	13.3	EZQ	111.6 ± 0.2	100%	30 ± 0.5	0.27	52%
		HS	98.9 ± 0.7	88%	40 ± 9.2	0.40	79%
Masp 8 años	16.5	EZQ	171.4 ± 2.1	99%	0.2 ± 0	0.00	0%
		HS	148.3 ± 3.4	86%	1.2 ± 0.1	0.01	2%
Masp 11 años	13.3	EZQ	107.9 ± 0.6	79%	61 ± 3.6	0.56	110%
		HS	72.7 ± 4.3	53%	41 ± 13	0.56	110%
Salm	8.5	EZQ	57.9 ± 0.5	89%	2.3 ± 0.6	0.04	8%
		HS	45.5 ± 0.5	70%	1.1 ± 0.2	0.02	5%

H: Hidrolizado F: Fermentación EtOH:Etanol Rend:Rendimiento *Teórico:0.51

Conclusiones. Agavezyme™ fue más eficiente para hidrolizar fructanos del jugo de diferentes agaves, comparado con el proceso convencional. Sin embargo, inhibidores ya presentes o generados en el proceso de hidrólisis, pueden influir negativamente en la fermentación.

Agradecimientos. Beca doctoral SECIHITI de FJAM.

Referencias.



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DE UNA MERMELADA ELABORADA CON CHAYOTE, JENGIBRE Y JARABE DE AGUAMIEL

María Fernanda Ávila Bastida, Elizabeth Contreras López, Araceli Castañeda Ovando, Javier Añorve Morga, Luis Guillermo González Olivares, Ilse Monroy Rodríguez, Juan Ramírez Godínez, Judith Jaimez Ordaz*. Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo, km 4.5, col. Carboneras, CP 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. Tel. 771 7172000 ext. 40116, *jjaimez@uaeh.edu.mx

Palabras clave: mermelada, jarabe de aguamiel, ingredientes funcionales

Introducción. Las mermeladas son productos ampliamente consumidos por su sabor, textura y capacidad de conservación. Sin embargo, frente a la creciente demanda de alimentos con formulaciones más saludables y que promuevan el uso de ingredientes locales, se vuelve necesario innovar en su composición. En este contexto, el chayote (*Sechium edule*), el jengibre (*Zingiber officinale*), las semillas de chía (*Salvia hispanica*) y el jarabe de aguamiel destacan como materias primas de interés, no solo por su disponibilidad, sino también por su aporte de compuestos bioactivos como flavonoides, gingeroles y fibra soluble (1).

El objetivo de este trabajo fue elaborar una mermelada alternativa mediante la incorporación de jengibre y jarabe de aguamiel, con el fin de diversificar el uso de estas materias primas y mejorar las propiedades nutricionales y sensoriales del producto.

Métodos. La formulación inicial se propuso con base en literatura científica (2) y normas aplicables. A partir de ella se aplicó un diseño central compuesto con tres factores (chayote:manzana, jarabe de aguamiel:sacarosa y jengibre), cada uno en tres niveles. El porcentaje de chía fue constante. Los datos se analizaron con modelos de superficie de respuesta para identificar la formulación óptima. Se elaboraron cuatro formulaciones y se evaluaron parámetros fisicoquímicos (pH, °Brix, viscosidad, análisis proximal), microbiológicos (mohos y levaduras, bacterias aerobias y coliformes totales) y sensoriales (preferencia, nivel de agrado y prueba JAR), así como actividad antioxidante (DPPH y FRAP). Para evaluar la actividad prebiótica, se midió el porcentaje de supervivencia de *Lactobacillus rhamnosus* en un medio suplementado con la formulación óptima de mermelada y se comparó con un control (inulina), jarabe de aguamiel y medio sin sustrato ($p < 0.05$).

Resultados y Discusión. Las formulaciones con mayor proporción de jarabe de aguamiel y jengibre mostraron mayor capacidad antioxidante, con valores de hasta 1.50 mg eq. Trolox/g, en comparación con 1.04 mg eq. Trolox/g en la mermelada control. En cuanto a la actividad prebiótica, se observó un crecimiento significativamente mayor ($p < 0.05$) de las bacterias probióticas en presencia de la mermelada óptima respecto al medio sin sustrato y comparable al control, sugiriendo un efecto estimulante atribuible a la fibra soluble y compuestos del jarabe de

aguamiel y la chía (2). La evaluación microbiológica confirmó la estabilidad del producto (sin crecimiento microbiano en 15 días a temperatura ambiente) y el análisis sensorial indicó una aceptabilidad general positiva, especialmente en sabor y textura. La Tabla 1 resume las características relevantes de la formulación óptima.

Tabla 1. Características relevantes de la formulación óptima de mermelada

Parámetro	Valor \pm DE	Unidad / Escala
°Brix	48.10 \pm 0.06	°Brix
Viscosidad	19,600 \pm 0.00	cP
Proteína	2.79 \pm 0.11	%
Fibra	3.05 \pm 0.71	%
Carbohidratos	42.61 \pm 0.19	%
Supervivencia de <i>L. rhamnosus</i>	96.09 \pm 0.00	%
Actividad antioxidante (DPPH)	1.50 \pm 0.21	mg eq. Trolox/g
Actividad antioxidante (FRAP)	2.07 \pm 0.12	mg eq. Fe ²⁺ /g

Conclusiones. La incorporación de jengibre y jarabe de aguamiel en una mermelada a base de chayote, manzana y chía permitió desarrollar un producto con estabilidad fisicoquímica, aceptación sensorial y propiedades mejoradas en capacidad antioxidante y efecto prebiótico. La formulación optimizada mostró un perfil nutricional atractivo y viabilidad como alternativa a mermeladas convencionales, con potencial para el aprovechamiento de materias primas locales.

Referencias.

1. Castañeda-Ovando, A., Moreno-Vilet, L., Jaimez-Ordaz, J., Ramírez-Godínez, J., Pérez-Escalante, E., Cruz-Guerrero, A.E., Contreras-López, E., Alatorre-Santamaría, S.A., Guzmán-Rodríguez, F.J. & González-Olivares, L.G. (2023). Aguamiel syrup as a technological diversification product: Composition, bioactivity and present panorama. *Future Foods*, 100249.
2. Barros-González, M., Ramírez-Moreno, E., & Salazar-López, N.J. (2021). Optimization of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) jam formulation: Physicochemical, functional and sensory properties. *J. Food Sci. Technol.*, 58(11): 4377–4386.

EFFECTO DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE FRUCTANOS DE *A. salmiana* EN SU CALIDAD Y CRECIMIENTO SOBRE *L. paracasei*

Juan Bernardo Carrizales Solís*, Avelina Franco Vega, Sofía Areli Escalante López, Fidel Martínez Gutiérrez.
 Posgrado en Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava #6, 78210 San Luis Potosí, S.L.P. 4444679807. jb.carrizales@outlook.com

Palabras clave: Cinética de crecimiento, propiedades organolépticas, escaldado

Introducción. Se ha identificado al *Agave salmiana* como una fuente rica en fructanos, polímeros de fructosa con aplicaciones en la industria alimentaria como prebióticos y alimentos funcionales. Su extracción sigue métodos estandarizados, y su uso podría modular la microbiota intestinal y contribuir en la mejora de afecciones gastrointestinales [Godínez-Hernández et al., 2015]. El objetivo fue evaluar los parámetros del proceso de obtención de fructanos de *A. salmiana* (fAs) y su impacto en las propiedades organolépticas y en la cinética de crecimiento de *Lacticaseibacillus paracasei*.

Métodos. Se realizó la colecta de As en estadio de “quiotillo” en Ahualulco, S.L.P. La extracción de fAs siguió el método previamente reportado [Regalado Rentería, 2020], con modificaciones en la temperatura y tiempo de escaldado. Las variables fueron optimizadas mediante un *Diseño de experimentos tipo central compuesto*, generando 10 condiciones experimentales.

Se trabajó con la cepa probiótica *L. paracasei* (Lc), utilizando medio MRS y reducido en carbohidratos en condiciones anaeróbicas, al cual se adicionaron los fAs extraídos bajo las diferentes condiciones experimentales, evaluando el crecimiento microbiano (Fig.1). Las muestras obtenidas del Concentrado en fAs se les realizó una evaluación física y organoléptica por un panel sensorial de 10 voluntarios.



Fig. 1. Preparación de los biorreactores para el análisis de la cinética de crecimiento bacteriano

Resultados y discusión. Los fAs cumplieron con los criterios de seguridad e inocuidad establecidos por la normativa mexicana. En el análisis organoléptico, se evaluó el amargor percibido utilizando una escala de 1 a 10 (Fig. 2). Se seleccionaron los fAs obtenidos bajo las condiciones experimentales con menor percepción de amargor, así como aquellos que presentaron la mejor cinética de crecimiento

de Lc utilizando los fAs como fuente de carbohidratos. Los resultados sugieren que temperaturas cercanas a 67.5 °C y 80 °C, durante 10 y 20 minutos respectivamente, son óptimas para reducir el sabor amargo sin inducir una hidrólisis excesiva de los fAs, presentando cinéticas de crecimiento iguales o mejores que el prebiótico comercial Inulina (Fig. 3).

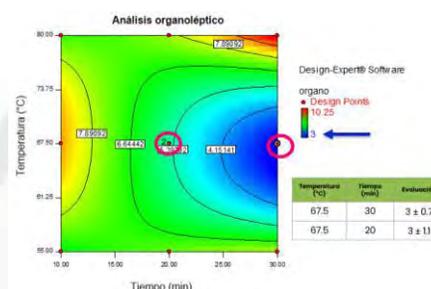


Fig. 2. Diseño de experimentos. Análisis organoléptico.



Fig. 3. Diseño de experimentos. Cinética de crecimiento bacteriano. Modelo de Gompertz

Conclusiones. Se obtuvieron fAs inocuos y aptos para el consumo humano, con reducción del sabor amargo y buenas cinéticas de crecimiento. Este trabajo sienta las bases para dar un valor agregado a los fAs como potenciales moduladores de la microbiota intestinal, lo cual es una alternativa estudiada a nivel mundial; de igual forma serviría para incentivar el desarrollo de comunidades de bajos recursos dedicadas al cultivo del *A. salmiana*. Se requieren más trabajos para identificar el compuesto del sabor amargo de los fAs.

Referencias.

- Godínez-Hernández, C. (2015). Extraction and characterization of *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck fructans. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Amb.* 12(1), 59–72.
- Regalado-Rentería, E. (2021). Caracterización de fructanos de tallos de *A. salmiana* Otto ex Salm Dyck y *A. tequilana* F.A.C. Weber. *Bot. Sci.* 99(2): 388–397.

DETERMINACIÓN DE FRUCTANOS Y N-ALCANOS EN HOJAS DE MAGUEY PULQUERO

Fabiola Escalante-Erosa, Elia Ballesteros-Rodríguez, María José García-Castillo, Lorenzo Felipe Sánchez-Teyer*. Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. C. 43 No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, Pinzón II, 97205 Mérida, Yucatán. *fescalanteerosa@gmail.com, santey@cicy.mx.

Palabras clave: Agave, fructanos, n-alcános

Introducción. El pulque es una bebida tradicional de la región Otomí-Huitztilapan elaborada a partir de la fermentación del aguamiel, la savia del maguey. El jugo contenido en sus hojas es rico en fructanos o agavinas con diferente grado de polimerización (DP), con propiedades nutraceuticas y prebióticas (1,2). La variación en el contenido de estos depende de la especie, suelo, clima y edad de la planta. Los n-alcános, presentes en la cera epicuticular de las hojas, actúan como barrera protectora y se usan como biomarcadores ambientales (3,4). Este estudio analiza la composición de fructanos y n-alcános para identificar variaciones entre especies utilizadas en el pulque, favoreciendo su conservación y aprovechamiento funcional.

Métodos. Se recolectaron 20 plantas (P) de *Agave*. Se obtuvieron los jugos de las hojas para el análisis de fructanos y los extractos de cera epicuticular para análisis de n-alcános. Los fructanos de *Agave* se analizaron mediante HPTLC usando estándares de referencia (fructosa, sacarosa, 1-kestosa y nistosa) y placas de gel de sílice, revelando con una mezcla de anisaldehído/etanol/H₂SO₄. Las ceras se extrajeron con hexano y se analizaron por GC-MS (Agilent-Technologies 7090A-5975C) usando una columna HP-5MS y condiciones específicas de temperatura. Los n-alcános (C21-C40) se identificaron por tiempos de retención y espectros de masas comparados con estándares y una biblioteca NIST.

Resultados y discusión. La figura 1 muestra el contenido de fructanos siendo la mezcla fructosa y glucosa los mayoritarios; P5 con 8.56 y P12 con 3.57 µg/µl, mayor y menor contenido respectivamente. En P2, P5 y P18 la mezcla fructosa-glucosa fue el único componente detectable y P13, P16 y P19 presentaron también cantidades mínimas de sacarosa, 1-kestosa y nistosa. P1, P4, P8, P9 y P12 presentaron el mayor contenido de 1-k y P12 el mayor contenido de nistosa.

El contenido de n-alcános de cadena larga en la mayoría de las muestras fue de C23 a C33, siendo el n-hentriacontano (C31) el más abundante (25 al 49 %), seguido del n-nonacosano (C29, 12 al 30%). El n-pentacosano (C25) fue el tercero más abundante en 9 stosa, n-nistosa) muestras, mientras que el n-heptacosano (C27) lo fue en 11 de las 20 muestras.

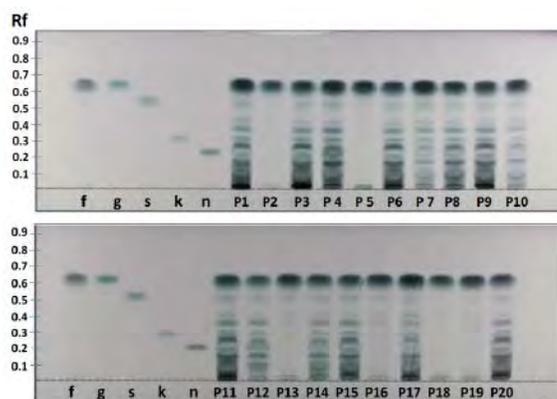


Fig. 1. Perfil cromatográfico por HPTLC de carbohidratos (estándares de referencia: f-fructosa, g-glucosa, s-sacarosa, 1-k-kestosa, n-nistosa)

Conclusiones. Las diferencias significativas en el contenido de fructanos reflejan la importancia de monitorear las especies empleadas en la elaboración de productos fermentados, con el fin de considerar el aprovechamiento del jugo de sus hojas y sus fructanos, debido a sus propiedades nutricionales y tecnológicas. Por otro lado, los n-alcános de cadena con número impar de carbonos podrían representar un marcador de resistencia en una especie.

Agradecimientos. Al proyecto FORDECYT 292474, otorgado por el CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías). A la M. en C. Miriam del Socorro Monforte-González, por su asistencia técnica en el manejo del equipo HPTLC.

Referencias.

- Huazano-García, A. (2018). Enzymatic hydrolysis of agavins to generate branched fructooligosaccharides (a-FOS). *Appl. Biochem and Biotechnol*, 184, 25-34.
- Castillo-Andrade, A. I. (2019). Agave salmiana fructans as gut health promoters: Prebiotic activity and an inflammatory response in Wistar healthy rats. *J. Biol. Macromol*, 136, 785-795.
- Ardenghi, N. (2017). Leaf wax n-alkane extraction: An optimized procedure. *Org. Geochem.*, 113, 283-292.
- Monja-Mio, K. M. (2019). Epicuticular wax analysis of wild and agronomically important Agave species. *Phytochem. Lett.*, 34, 103-107.

LIBERACIÓN CONTROLADA DE FICOCIANINA EN CONDICIONES GASTROINTESTINALES *IN VITRO* A PARTIR DE UN HIDROGEL DE AGAVINAS

Eunice Lizeth Fernández Hernández, Alejandro Londoño Moreno, Luz Arcelia García Serrano, Antonio Jimenez Aparicio, Edgar Cano Europa, Brenda Hildeliza Camacho Díaz. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, Km 6, Calle CEPROBI No. 8, Yautepec, Morelos C.P. 62731. Tel. (735)3942020 ext. 82536, bcamacho@ipn.mx

Palabras clave: fructanos, ficocianina, gastrointestinal, agavinas

Introducción. La ficocianina es un pigmento natural extraído de microalgas como *Spirulina platensis*, ampliamente reconocido por sus propiedades antiinflamatorias y su potencial terapéutico en el tratamiento de enfermedades gastrointestinales. Sin embargo, su eficacia puede verse comprometida por las condiciones adversas del tracto digestivo, como el pH ácido del estómago y la acción de enzimas gastrointestinales. En este contexto, los fructanos de agave surgen como una alternativa funcional, ya que poseen propiedades estructurales que los hacen idóneos para el desarrollo de sistemas de liberación controlada, además de ejercer efectos prebióticos [1].

El objetivo de esta investigación fue diseñar un hidrogel a base de fructanos de agave y proteínas del suero de leche como matriz protectora para la liberación controlada de ficocianina bajo condiciones gastrointestinales simuladas *in vitro*. La formulación no solo pretende preservar la integridad del compuesto bioactivo, sino también aportar beneficios funcionales al sistema digestivo.

Métodos. Se desarrollaron tres formulaciones de hidrogel, compuestas por proteínas del suero de leche, glucono-delta-lactona (GDL) y 20 mg/mL de ficocianina, variando la concentración de fructanos de agave en 20%, 30% y 40%. Durante todo el proceso, la mezcla se mantuvo a 80 °C en un baño de agua. La homogenización se realizó con agitador vortex tras la adición de cada componente. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a sonicación durante 30 minutos y almacenadas a 4 °C por 24 horas. La morfología de los hidrogeles fue evaluada mediante microscopía óptica, la digestión de ficocianina *in vitro* se analizó mediante el protocolo estandarizado INFOGEST [2] y para obtener los coeficientes de liberación se utilizó el modelo de Korsmeyer-Peppas.

Resultados y discusión. Los resultados indicaron que una mayor concentración de fructanos de agave favoreció la homogeneidad de la mezcla, generando una red de poros más pequeños y menos numerosos. En cuanto a la digestión *in vitro*, el hidrogel con 40% de fructanos presentó un coeficiente de liberación menor, liberando la ficocianina por mecanismos difusivos con mayor estabilidad frente a condiciones gastrointestinales simuladas. Estos resultados sugieren que esta formulación proporciona una protección significativa del compuesto frente a la degradación digestiva [3].

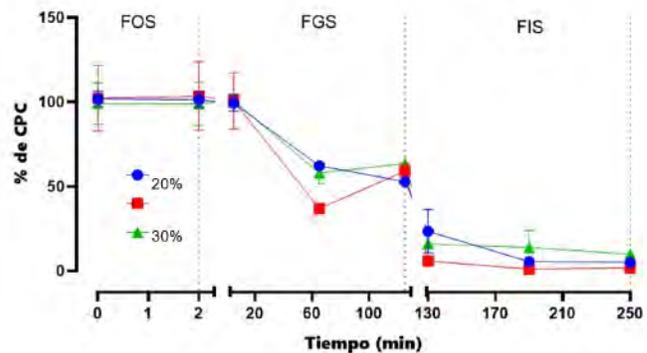


Figura 1. Gráfica del perfil de liberación de ficocianina del hidrogel en condiciones gastrointestinales simuladas. FOS: Fase oral simulada, FGS: fase gastrointestinal simulada, FIS: fase intestinal simulada.

Conclusiones. El hidrogel con el mayor contenido de fructanos de agave (40 %) demostró ser una matriz eficaz para la protección y liberación controlada de ficocianina bajo condiciones gastrointestinales simuladas. Este sistema representa una alternativa para la administración oral de compuestos bioactivos sensibles, con potencial aplicación en formulaciones funcionales o terapéuticas.

Referencias.

- López, M. G., Urías-Silvas, J. E., & López, M. E. (2016). Fructanos de agave: propiedades funcionales y aplicaciones en salud y nutrición. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(2), 5–17. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2016.2.62540>.
- Brodkorb, A., Egger, L., Alming, M. et al. (2019). INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion. *Nat Protoc*, 14, 991–1014. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>
- Li Z, Geng Y, Bu K, Chen Z, Xu K, Zhu C. (2024). Construction of a pectin/sodium alginate composite hydrogel delivery system for improving the bioaccessibility of phycocyanin. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131969>.

EVALUACIÓN DE FRUCTANOS DE AGAVE COMO SUSTITUTO DE GRASA EN MANTECADAS CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA

Jose Nabor Haro-González, Manuela González-Hurtado, Hugo Espinosa-Andrews, Norma Morales-Hernández*
 Unidad de Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Camino Arenero # 1227, 45019, Col. El Bajío del Arenal, Zapopan, Jalisco, México.
 *nmorales@ciatej.mx, (33) 33455200 Ext. 1245.

Palabras clave: Fructanos de agave, proteína, sustituto de grasa

Introducción. Las preferencias de los consumidores han cambiado, y opciones saludables como los alimentos bajos en grasa, azúcar, altos en proteínas, fibra o con beneficios a la salud son la tendencia actual. En panadería, se incorporan proteínas de diversos orígenes y carbohidratos no digeribles como los fructanos. Estos últimos que además de ser considerados como fibra dietética, poseen capacidad de retención de agua, formación de geles y efecto emulsionante, lo que permite su uso como sustitutos de grasa (1,2). Sin embargo, mejorar el perfil nutricional en fibra, proteína o reducción de grasa puede alterar la textura y propiedades físicas de los productos de panificación (2,3). El objetivo de este trabajo fue evaluar su adición en una mantecada alta en proteína, manteniendo textura y propiedades físicas del producto.

Métodos. Se elaboraron diferentes mantecadas incorporando todos los ingredientes incluyendo los fructanos de agave en una batidora durante 7 minutos. La sustitución de mantecquilla (control) fue de un 75%. Se reemplazó por fructanos de agave en polvo (FA, DP \geq 10, Nutriagaves), ingrediente proteico (IP) (No. Patente 402483) o mezcla de ambos en proporción 1:1 (FA-IP). La dosis de fructanos correspondió al 20 % de la DDR de fibra. Para cada mantecada se pesaron 50 g de la mezcla y se hornearon a 180 °C por 9 minutos. Se evaluaron propiedades viscoelásticas de la masa, y dimensiones, humedad y textura para la mantecada (3).

Resultados y discusión.

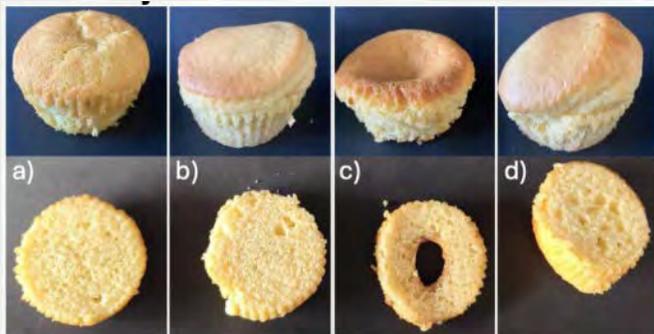


Fig. 1. Apariencia física (frontal y transversal) de las mantecadas: a) Control, b) IP, c) FA, y d) FA-IP

El pan control (a) presentó forma regular, buena elevación y miga homogénea. Con IP (b), se observó una ligera elevación lateral y miga poco compacta. Los panes con FA (c) mostraron un colapso central y cavidad interna, con una estructura débil, apelmazada, y fácilmente desmoronable.

La mezcla de FA-IP (d) generó panes con ligera elevación y miga densa, pero con menor volumen que el control o el tratamiento con IP (Fig. 1). El tratamiento con IP mostró la mayor dureza, altura y humedad, lo cual coincide con su miga compacta y su esponjado. La combinación FA-IP presentó dureza y gomosis elevadas, pero con menor altura, lo que concuerda con su apariencia densa y menor altura. El tratamiento FA presentó la menor altura (30.0 mm) y humedad (15.0 %), en línea con el colapso observado en su estructura. El control mostró dureza intermedia, buena cohesión y un mayor modulo elástico (G') dentro de la RLVE, lo cual refleja su estructura estable y homogénea. El tratamiento de la mezcla FA-IP presentó una textura adecuada y con un contenido nutrimental con más del 25 % proteína, 75% menos de grasa y con 8% de fibra (Tabla 1).

Tabla 1. Características físicas de las mantecadas.

Prueba	Control	IP	FA	FA-IP
Dureza (g)	374.7 \pm 47 ^a	348.4 \pm 52 ^a	ND	430.2 \pm 57 ^b
Gomosis	251.7 \pm 35 ^{ab}	219.5 \pm 34 ^b	ND	277.2 \pm 33 ^a
Masticabilidad	204.3 \pm 34 ^{ab}	194.5 \pm 29 ^b	ND	242.9 \pm 29 ^a
Ancho (mm)	61.0 \pm 1.0 ^{ab}	62.7 \pm 1.2 ^b	59.7 \pm 0.6 ^a	60.7 \pm 1.2 ^{ab}
Alto (mm)	46.3 \pm 1.2 ^a	49.3 \pm 1.5 ^c	30.0 \pm 2.0 ^f	42.7 \pm 0.6 ^d
Humedad (%)	18.6 \pm 0.4 ^a	23.9 \pm 0.3 ^c	15.0 \pm 0.1 ^e	21.0 \pm 0.2 ^d
G' (Pa)	3871 \pm 0 ^a	469 \pm 0 ^c	79 \pm 0 ^b	483 \pm 0 ^b

FA, Fructanos de Agave; IP, Ingrediente proteico; G', modulo elástico; ND, No determinado por características físicas de la muestra.

Conclusiones. La sustitución de grasa con fructanos de agave cambia la textura de la mantecada, la cual mejora al incorporar el ingrediente proteico. Estas formulaciones, que combinan ambos ingredientes, no solo reducen el contenido graso, sino que también incorporan proteína y fibra, manteniendo la textura. En conjunto, son una alternativa prometedora para el desarrollo de alimentos con beneficios para la salud.

Agradecimientos. Agradecemos al proyecto 10423-2023. De la Ciencia al mercado. COECYTJAL.

Referencias.

- Espinosa-Andrews, H., et al. (2021). The role of agave fructans in health and food applications: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 585-598.
- Prieto-Vázquez del Mercado, P., et al. (2022). Protein ingredients in bread: Technological, textural and health implications. *Foods*, 11(16), 2399.
- Prieto-Vázquez del Mercado, P., et al. (2025). Pea protein-gum Arabic gel addition as ingredient to increase protein, fiber and decrease lipid content in muffins without impair the texture and intestinal microbiota. *Food Chemistry*, 463, 141305.

EFFECTO DE LAS SAPONINAS DE AGAVE EN LA MEMBRANA DE LEVADURAS NON-SACCHAROMYCES

Angélica Leonor Hernández Cerda^a, Edgar Illescas Aparicio^b, Luis Jorge Coronado Cáceres^b, Anne Gschaedler^b, Eugenia del Carmen Lugo Cervantes^b, Montserrat Alcázar Valle^b

^aInstituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Anillo Periférico Sur Manuel Gómez Morín 8585, San Pedro Tlaquepaque 45604, Jalisco.

^bCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Camino Arenero 1227, Zapopan 45019, Jalisco. *autor correspondencia: ealcazar@ciatej.mx

Palabras clave: Saponinas, Levaduras, Agave, non-Saccharomyces

Introducción. El agave es una planta de gran importancia económica y cultural en México, se emplea en la producción de bebidas fermentadas y destiladas como el tequila y el mezcal. Entre los metabolitos secundarios presentes en el agave destacan las saponinas, con propiedades funcionales como, antimicrobianas y antifúngicas¹. Sin embargo, por sus mismas propiedades, pueden afectar negativamente el crecimiento de levaduras útiles en el proceso de fermentación de bebidas alcohólicas, comprometiendo los rendimientos de producción². Aunque *Saccharomyces cerevisiae* ha sido la levadura modelo en procesos fermentativos; especies de levaduras non-*Saccharomyces* como *Kluyveromyces marxianus* y *Hanseniaspora uvarum* han cobrado relevancia por su capacidad de enriquecer el perfil sensorial y metabolómico de los productos fermentados³. Comprender como el efecto de extractos de saponinas de diferentes especies de agave afectan la integridad de la membrana de levaduras non-*Saccharomyces*, podría abrir nuevas vías para el diseño de procesos fermentativos más controlados.

Métodos. Se recolectaron hojas de *Agave tequilana* Weber variedad azul, *Agave asperima* y *Agave salmiana*. Las muestras fueron secadas y posteriormente pulverizadas, y extraídas por maceración con un extracto etanólico al 70%. El extracto fue filtrado y el etanol eliminado mediante evaporación a presión reducida (40 °C, 120 mbar). La cuantificación de saponinas se realizó por el método descrito por Baccou et al. (1977)⁴. Adicionalmente, se realizó únicamente el extracto por prensado de hoja fresca de *Agave tequilana*.

Se prepararon cultivos de *S. cerevisiae*, *K. marxianus* y *H. uvarum*, y se expusieron a los diferentes extractos.^{2, 5}. Para evaluar el efecto sobre la membrana celular, se utilizó tinción con rodamina, un colorante que penetra células con membrana dañada, y se observó mediante microscopía confocal.

Resultados y discusión. En la Tabla 1 se presentan las concentraciones de saponinas de los diferentes extractos.

Agave	Conc. Saponinas (mg/L)
Tequilana	147.66 ± 16.72 ^a

Tequilana (fresco)	217.74 ± 6.48 ^b
Asperima	262.37 ± 8.35 ^b
Salmiana	339.96 ± 19.91 ^c

Valores promedio (n=2) ± desviación estándar. Las letras indican diferencias estadísticas significativas (Prueba de Tukey, p<0.05).

De acuerdo con los resultados se observa que el *Agave salmiana* presentó la mayor concentración de saponinas en extracto seco, lo que concuerda con reportes previos². A la par, se evaluó el extracto fresco de *A. tequilana* por su relevancia práctica en procesos fermentativos y la viabilidad del prensado en campo (Fig. 1).

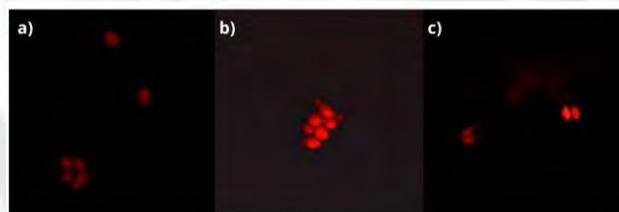


Fig. 1. Efecto del extracto de saponinas de *A. tequilana* fresco en a) *S. cerevisiae* b) *K. marxianus* c) *H. uvarum*

Se observó mayor intensidad de la tinción en las levaduras non-*Saccharomyces* (Fig. 1B y 1C), indicando menor efecto del extracto de saponinas.

Conclusiones. La técnica de extracción y la variedad de agave influyen en la concentración de saponinas. Las observaciones microscópicas indican que las saponinas tienen menor impacto en la membrana celular de levaduras non-*Saccharomyces*, especialmente *Kluyveromyces marxianus*.

References.



DESARROLLO DE UNA DOBLE EMULSIÓN SIMBIÓTICA: FRUCTANOS DE AGAVE DE ALTO GRADO DE POLIMERIZACIÓN Y PROBIÓTICO *L. salivarius*

Naida Juárez-Trujillo^{1,2}, Maribel Jiménez-Fernández^{1*}, Rosa Isela Ortiz-Basurto^{2**}

¹Universidad Veracruzana- Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos. maribjimenez@uv.mx

²TecNM Instituto Tecnológico de Tepic – Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos. **riobasurt@ittecip.edu.mx

Palabras clave: Emulsión doble, fructanos de agave AGP, simbiótico

Introducción. Las emulsiones dobles son sistemas de administración que permiten la protección de probióticos y prebióticos; además, permiten liberarlos en lugares específicos durante la digestión intestinal. Sin embargo, la falta de estabilidad de estas hace necesario adicionar biopolímeros como los fructanos de agave que sirven como agente espesante y prebiótico (Juarez-Trujillo y Cols. 2025). En el presente proyecto se encapsuló *L. salivarius* con fructanos de agave para estabilizar una emulsión doble simbiótica.

Métodos. Los fructanos de agave de alto grado de polimerización (GP>30, FAAGP) fueron obtenidos a partir de una solución de 20 °Brix en un sistema de ultrafiltración tangencial con una membrana MWCO de 5 kDa (Pellicon 2 Millipore, MA, EE. UU). Se realizó una emulsión doble agua-aceite-agua ($W_1/O/W_2$) en dos pasos como se muestra en la Fig 1. Esta emulsión se caracterizó para determinar su estabilidad y se realizó digestión gastrointestinal *in vitro*.

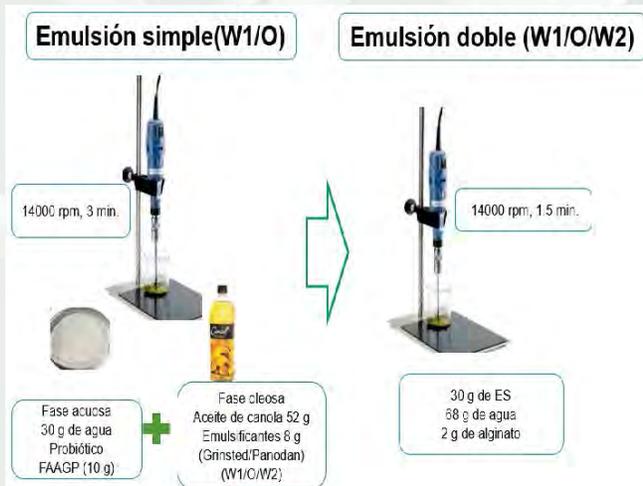


Fig. 1. Diagrama de elaboración de doble emulsión simbiótica

Resultados y discusión. La micrografía de la emulsión doble (Fig. 2), mostró una estructura núcleocapa bien definida con múltiples glóbulos en la fase interna y un tamaño de partícula de 7.00 μm (Myers, 1991). La emulsión doble presentó un potencial ζ de - 92.00 y un índice de cremado de cero, lo que corrobora su buena estabilidad (Morrison y Ross, 2001).

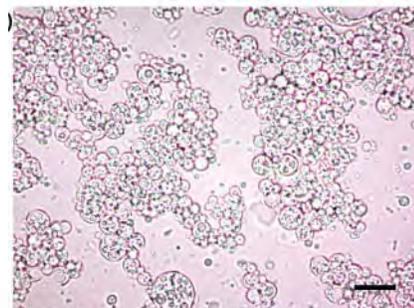


Fig. 2. Micrografía de la emulsión doble simbiótica

L. salivarius presentó una viabilidad de 10.25 log UFC/mL, después de la formación de la emulsión doble, posteriormente al realizar la digestión *in vitro* se obtuvo una viabilidad de 8.17 y 7.1 log UFC/mL después de la fase gástrica e intestinal, respectivamente (Fig. 3), confirmando que la emulsión doble protege a *L. salivarius* bajo cambios de pH y enzimas digestivas. Cumpliendo con lo recomendado por la FAO/WHO para considerarlas como emulsiones probióticas con efecto benéfico (FAO/WHO, 2001).

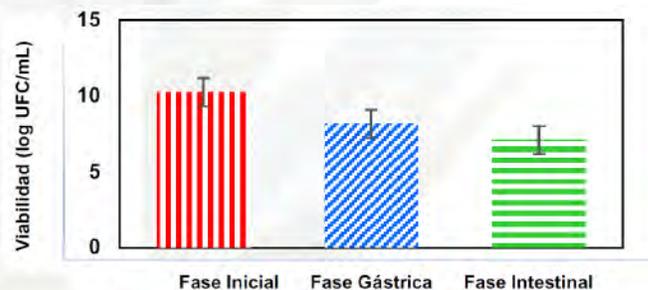


Fig. 3. Digestión *in vitro* de la doble emulsión simbiótica

Conclusiones. Se desarrolló con éxito una emulsión doble simbiótica adicionada con fructanos de agave y *L. salivarius*, estable bajo condiciones gastrointestinales *in vitro*.

Agradecimientos. Los autores agradecen a SECIHTI por la beca posdoctoral otorgada a Naida Juárez Trujillo (CVU 598614).

Referencias.



¡Escóñome!

ESTUDIO *IN SILICO* E *IN VITRO* DE INHIBICIÓN DE LIPASA PANCREÁTICA POR FRUCTANOS DE AGAVE Y ACHICORIA CON DISTINTOS GRADOS DE POLIMERIZACIÓN

Diana Marroquin Zavala¹, Raúl B. Martínez Pérez², Tannia A. Quiñones Muñoz³, Lorena Moreno Vilet^{1*}

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Zapopan, México,

²Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México, 3SECIHTI-CIATEJ. Zapopan, Jalisco, México, 3333455200, Ext 1510, lmoreno@ciatej.mx

Palabras clave: inulina, obesidad, lipasa pancreática

Introducción. La obesidad es un problema de salud pública global en constante aumento, lo que ha impulsado el interés por identificar inhibidores naturales de la lipasa pancreática (LP), enzima clave en la digestión de grasas. En este contexto, los fructanos, carbohidratos no digeribles presentes en vegetales como cebolla, ajo, trigo, achicoria y agave, han despertado un creciente interés por sus posibles efectos funcionales [1, 2]. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto inhibitorio de fructanos de agave y achicoria, con distintos grados de polimerización, sobre la actividad de la LP, empleando técnicas *in vitro* e *in silico* para explorar sus posibles mecanismos de acción.

Métodos. Se utilizaron fracciones de fructanos de agave F1 (GP 3–12), F2 (GP 3–27), y F3 (GP 3–40), obtenidas por ultrafiltración, y fructanos comerciales de achicoria I1 (GP 3–12), I2 (GP 3–32) e I3 (GP 3–40). Las estructuras moleculares representativas de cada fracción fueron modeladas con ACD/ChemSketch y se generaron en conformaciones lineales o ramificadas según su origen. Para el acoplamiento molecular, se utilizó la estructura cristalográfica de la LP (PDB ID:1ETH) como receptor en AutoDockVina y GlycoTorchVina [3]. En los ensayos *in vitro*, las fracciones de lipasa fueron disueltas en PBS y preincubadas con la LP (para minimizar los efectos de la activación interfacial de la enzima), en condiciones de 25°C y 200 rpm y una concentración enzimática estándar [4]. Se evaluaron diferentes concentraciones de fructano: 1, 2.5, 5, 7.5 y 10 mg/mL.

Resultados y discusión. Los resultados *in silico* mostraron que las fracciones F1 e I1, presentaron la mayor afinidad con la LP (valores de energía de unión de -6.6 y -6.7 kcal/mol). Se observó una tendencia a la disminución de la afinidad conforme aumenta el tamaño molecular de los fructanos (Tabla 1).

Fructano	Fructano AutoDockVina (kcal/mol)	GlycoTorchVina (kcal/mol)
F1	-6.6	-4.6
F2	-5.7	-3.8
F3	-5.4	-3.3
I1	-6.7	-3.8
I2	-5.4	-3.8
I3	-5.2	-2.6

Estas fracciones se unen a residuos de aminoácidos asociados a la interfaz entre la colipasa y el dominio Cterminal de LP (los residuos circundantes son 337-448). Este patrón sugiere un mecanismo de inhibición no competitivo o mixto (Figura 1).

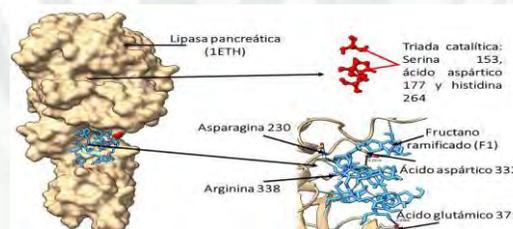


Fig. 1. Interacción molecular entre la fracción F1 (ramificada) y la lipasa pancreática (LP). La imagen muestra la unión de F1 con residuos clave como ARG 338, ASN 230, GLU 371 y ASP 332, responsables de la inhibición.

En los ensayos *in vitro*, F1 e I1 también fueron las fracciones más efectivas, con inhibiciones del 84.2% (F1) y 88.1% (I1) a 10 mg/mL. Los valores IC₅₀ fueron 6.2 mg/mL (F1) y 5.3 mg/mL (I1). Las fracciones con mayor grado de polimerización mostraron menor eficacia (Figura 2).

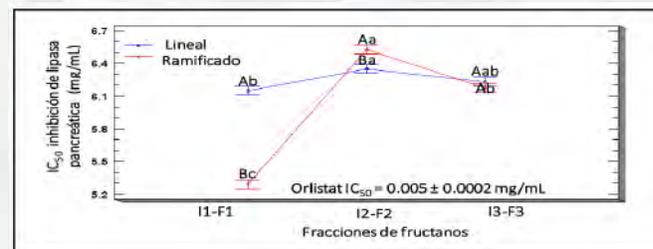


Fig. 2. Inhibición de LP con respecto a las fracciones de fructanos

Conclusiones. Los fructanos, en particular aquellos de bajo peso molecular, pueden interactuar directamente con la LP, dependiendo de su tamaño y estructura molecular. Por lo que los fructanos podrían estar vinculados directamente en mecanismos de control de obesidad.

Referencias.



ESTABILIDAD FISICOQUÍMICA DE FRUCTANOS DE AGAVE Y ACHICORIA COMO INGREDIENTES FUNCIONALES EN BEBIDAS

Lorena Moreno Vilet^{1*}, Dalila Blancas Medina¹, Tannia A. Quiñones Muñoz²

¹Tecnología alimentaria. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Zapopan, México, ²Secretaría de Ciencia, Humanidades Tecnología e Innovación SECIHTI-CIATEJ. Zapopan, Jalisco, México, 3333455200, Ext 1510, lmoreno@ciatej.mx

Palabras clave: agavina, inulina, temperatura, acidez

Introducción. Las bebidas con prebióticos son una creciente demanda como una opción funcional dentro del mercado de alimentos saludables, gracias a su capacidad para mejorar la salud intestinal al estimular el crecimiento de bacterias benéficas y mejorar propiedades sensoriales [1-2]. Ingredientes como los fructanos de agave y achicoria, son comúnmente utilizados por sus propiedades prebióticas [3]. Sin embargo, su incorporación en bebidas requiere evaluar la estabilidad fisicoquímica bajo distintas condiciones, ya que factores como la temperatura, la acidez y el periodo de almacenamiento pueden afectar su funcionalidad y viabilidad en productos comerciales. El objetivo del trabajo fue evaluar la estabilidad térmica y al almacenamiento de fructanos de agave y achicoria en bebidas bajo distintas condiciones de acidez.

Métodos. Se usaron fructanos de achicoria (inulina GR, Beneo Orafiti) y de agave (Oligofrutine, Nutriagaves) al 3%. Se evaluaron condiciones de procesamiento a 95°C en soluciones con y sin 1% de ácido cítrico. Se tomó muestra cada 10 min por 100 min, midiendo °Brix, pH y azúcares reductores (AR). En bebidas formuladas sabor limón, pasteurizadas (72°C, 15s) para cada fructano, se evaluó su estabilidad al almacenamiento.

Resultados y discusión. Las bebidas fueron estables al almacenamiento (30°C) en pH y turbidez, sin embargo, se observó un ligero incremento en °Brix y disminución de viscosidad a los 35 días (ver Fig. 1).

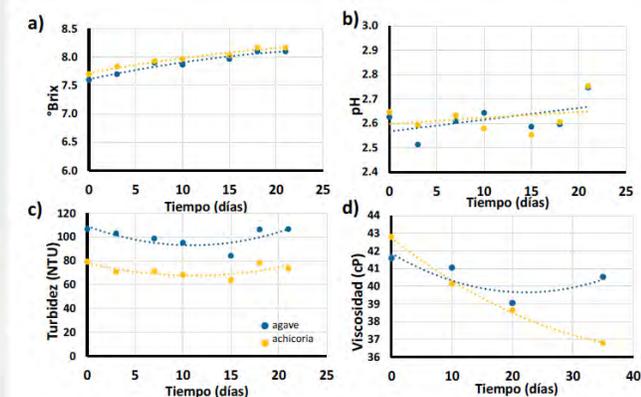


Fig. 1. Estabilidad fisicoquímica de bebidas con fructanos durante almacenamiento.

Ambos tipos de fructanos mostraron degradación térmica a 95°C y condiciones de acidez extrema a un pH 2.1 ($p < 0.05$). Mientras que, en soluciones sin ácido, fueron estables a 95°C por 100 min (Fig. 2a). El incremento en AR de 1-2 a 3.6-5.8 g/L durante el almacenamiento a 30°C en Fig. 2b indica una degradación entre 9 y 14% de los fructanos a monómeros de glucosa y fructosa libres, siendo más pronunciado en condiciones ácidas, incrementando de 3.3% a 19% los AR a los 35 días, lo cual coincide por lo reportado en otros trabajos [4].

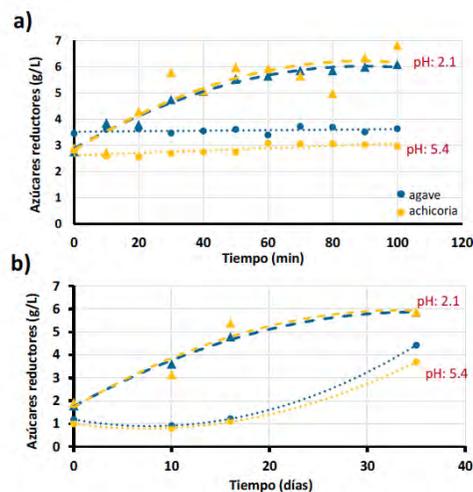


Fig.2. Estabilidad de fructanos en solución: a) degradación térmica (95°C), b) degradación en almacenamiento (30°C)

Conclusiones. Los fructanos de agave y achicoria son estables a 95 °C en pH neutro, pero se degradan hasta 14.5 % en condiciones ácidas y altas temperaturas. Durante el almacenamiento, bebidas con 1% de acidez mostraron una degradación progresiva, por lo que es importante controlar el nivel de acidez al formular una bebida con fructanos.

Referencias.





Temática 4

Aprovechamiento integral y sostenible de los Agaves y subproductos

Biorrefinería de agave

Valorización de residuos sólidos y líquidos de la industria del agave

Manejo integral de agave y sus residuos en la producción de pulque y aguamiel





Título de la conferencia: Mas allá de los alcoholes. Análisis de factibilidad en fases tempranas de investigación de productos no alcohólicos basados en agave

Dr. Arturo Sánchez Carmona

Doctorado (1994) por el Colegio Imperial, Reino Unido (premios Newitt al mejor trabajo teórico-computacional en Ingeniería Química y Armstrong al mejor trabajo doctoral). Labora en la Unidad Guadalajara del Cinvestav desde 1996, actualmente como investigador titular 3D y responsable del Laboratorio de Futuros en Bioenergía. Es miembro SNI 3 y de la Academia de Ingeniería de México.

Sus áreas de interés científico versan sobre el uso de técnicas matemáticas para diseñar y analizar la sostenibilidad de biorrefinerías que utilicen biomasa vegetal como materia prima y produzcan bioproductos y energía. Sus contribuciones en estos temas han sido reconocidas internacionalmente con membresías en el programa de “Lideres de Innovación” de La Academia Real de Ingeniería de la Gran Bretaña y en el Programa “Cochran USDA Biofuels/Ethanol”.



Título de la conferencia: Aprovechamiento integral de los subproductos de la cadena agave-tequila, retos y oportunidades

Dra. Lorena Amaya Delgado

Maestra y doctora en Biotecnología por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Actualmente es Directora General interina e investigadora

Titular C del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ) centro público perteneciente a la SECIHTI. Así mismo, cuenta con la certificación Project Management Professional emitida por el Project Management Institute. La Dra. Amaya es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel II en el área 2 de Biología y Química. Como investigadora pertenece a la unidad de Biotecnología Industrial, donde sus líneas de investigación se enfocan en el diseño y desarrollo de procesos biotecnológicos para la obtención de metabolitos de interés industrial por vía fermentativa (biocombustibles, enzimas lignocelulasas, entre otros), con particular interés en la fisiología microbiana y el aprovechamiento y valorización de residuos agroindustriales. Cuenta con 49 artículos científicos y 11 capítulos de libros. Ha dirigido y co-dirigido 26 tesis de posgrado y 7 de licenciatura. Es co-inventora de 10 patentes y responsable técnico y colaboradora de más de 30 proyectos científicos-tecnológicos, tanto con fondos gubernamentales como del sector privado; así mismo ha sido responsable de diversos servicios tecnológicos con el sector productivo.



Título de la conferencia: El futuro del agave en la industria ganadera

Ing. Alejandro Vasconcelos Peña

Actividades de profesión: Reforestación, Agave regenerativo y derivados "Economía Circular, Cofundador y Fundador "Mezcal Noble Indulto", Cofundador y Fundador "Biosfera Farms", Director de implementación del proyecto Billion de

Agaves en Mex.

Autor del libro: *Haciendas y Mezcales de Guanajuato*.

Reconocimientos: Instituto Mexicano de Destilación Artesana, Diplomado en mercadotecnia y publicidad estratégica, Conferencista en la cumbre de latinoamerica en proyectos regenerativos y cultivos, Juez de cata para México Selection by CMB (Sede Mineral de Pozos) y platica magistral sobre la historia del mezcal.

Capacitador: Secretaria de Desarrollo Económico y Sustentabilidad por siete años a la fecha, Rancho Vía Orgánica AC, Billion Agave Project, Agaves y Mezcales de México,

Asesor: Regeneración Internacional Organismo Mundial, Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, Secretaria de Desarrollo Agroalimentario y Rural, Integrante de la Fundación Guanajuato Produce – GTO.

VALORIZACIÓN DEL BAGAZO DE AGAVE PRETRATADO CON [EOA][OAc] POST SACARIFICACIÓN A TRAVÉS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Aldo Emmanuel Bautista Robles; Alma Toledo-Cervantes; José A. Pérez-Pimienta; Hugo O. Méndez-Acosta; Universidad de Guadalajara, CUCEI, Departamento de Ingeniería Química; hugo.mendez@academicos.udg.mx

Palabras clave: bagazo de agave, líquidos iónicos, biogás

Introducción. El bagazo de *Agave tequilana* var. Azul es un residuo generado por la industria tequilera, el cual presenta problemas en su valorización debido a su estructura compleja. En este sentido los líquidos iónicos próticos (bajo costo de producción y baja toxicidad) como el acetato de etanolamina [EOA][OAc] han demostrado ser efectivos para la eliminación parcial de la lignina, exponiendo así las fracciones de celulosa y hemicelulosa remanentes. De esta manera, se pueden generar hidrolizados con alto contenido de azúcares mediante su sacarificación (Pérez-Pimienta et al., 2021). No obstante, la fracción de bagazo de agave pretratado y sacarificado (BAPS) presenta aún características con alto potencial para su valorización a través de la producción de CH_4 , siendo el objetivo de este trabajo, así como evaluar el efecto del LI remanente en el bagazo.

Métodos. Mediante la metodología descrita en "Pérez Pimienta et al., (2024)" se obtuvo el BAPS. Se implementó un diseño factorial 2k y un diseño central compuesto con el fin de optimizar el proceso empleando este residuo. Se evaluaron concentraciones del líquido iónico en un rango de 1.5–3.5 % p/p y de bagazo en un rango de 8–12 g SV/L en un sistema AMPTS II, a 37 °C y pH 7.3.

Resultados y discusión. Las concentraciones de [EOA][OAc] no tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre la producción de CH_4 . No obstante, los rendimientos obtenidos con BAPS 217 mL CH_4 /g SV (2.5 % p/p [EOA][OAc]; 10 g SV/L de BAPS) resultaron mayores a estudios reportados con bagazo pretratado previo a la sacarificación (ver Tabla 1).

Tabla 1. Rendimientos para la producción de CH_4 a partir de bagazo de agave pretratado y BAPS

Pretratamiento	Rendimiento	Referencia
*Lisinato de Colina	240 mL CH_4 /g SV	Pérez-Pimienta 2020
*Ozonólisis	130 mL CH_4 /g SV	Pérez-Barragán et al., 2024
+ [EOA][OAc] + Sacarificación	217 mL CH_4 /g SV	Este estudio

*Bagazo de agave pretratado; +BAPS

Para evaluar los cambios estructurales del BAPS tras el proceso de digestión anaerobia, se llevó a cabo un análisis por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), comparando la muestra BAPS con el residuo sólido postdigestion correspondiente a uno de los puntos centrales del diseño experimental (BAC2; 2.5 % p/p [EOA][OAc]; 10 g SV/L de BAPS). En la Fig. 1 se observan disminuciones en varias bandas del espectro

FTIR, evidenciando los cambios estructurales en el bagazo tras la digestión anaerobia. De estos destacan las bandas de 900 y 1027 cm^{-1} , asociadas a celulosa y hemicelulosa, lo que sugiere un aprovechamiento parcial de estos carbohidratos. También se redujeron señales en las bandas de 1235 y 1745 cm^{-1} , indicando una posible remoción de hemicelulosa y lignina. Por último, la banda 1622 cm^{-1} evidencia el desprendimiento de oxalato de calcio (fracción recalcitrante) (Pérez-Pimienta et al., 2021).

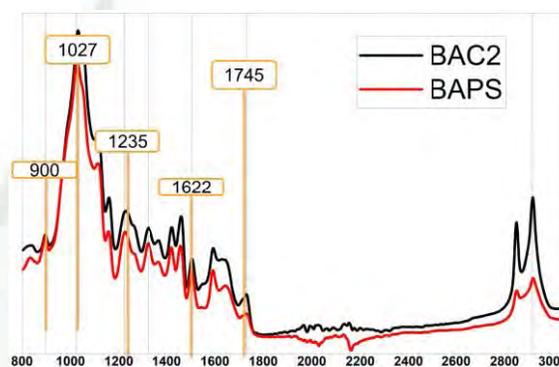


Fig. 1. Espectro FTIR para la comparación de BAPS pre y post digestión anaerobia

Conclusiones. El empleo del BAPS representa una estrategia prometedora para la valorización integral del bagazo de agave, ya que obtuvieron rendimientos para la producción de CH_4 mayores a los previamente reportados para el uso de bagazo pretratado sin sacarificar. Finalmente, este enfoque además de que aprovecha un residuo (que usualmente se desecha), para obtener energía y generar un material altamente desestabilizado y rico en lignina, por lo que su empleo plantea una perspectiva interesante hacia un modelo de economía circular para la industria del tequila.

Referencias.

- Pérez-Pimienta J. A., García-López R. M., Méndez-Acosta H. O., González-Álvarez V., Simmons B. A., Méndez-Pérez J. A., Arreola-Vargas J., (2021). *Ionic liquid-water mixtures enhance pretreatment and anaerobic digestion of agave bagasse*. Industrial Corps & Products 171.
- Pérez-Pimienta J. A. Castillo Preciado D. J., González-Álvarez V., Méndez-Acosta H. O. (2024). Optimization of cost-effective enzymatic saccharification using low-cost protic ionic liquid as pretreatment agent in Agave bagasse. *Ind Waste Management*. 175. 204-2014.
- Pérez-Pimienta J. A., Icaza-Herrera J. P. A., Méndez-Acosta H. O., González-Álvarez V., Méndez-Pérez J. A., Arreola-Vargas J., (2020). *Bioderived ionic liquid-based pretreatment enhances methane production from Agave tequilana bagasse*. 10. 025-032.
- Pérez-Barragán J., García-Depraect O., Vallejo-Rodríguez R., Maya-Yescas R., Palacios-Hinestroza H., Coca M., Castro-Muñoz R., León-Becerril E., (2024). *Solid and liquid fractionation of sugarcane and Agave bagasse during ozonolysis and enzymatic hydrolysis: Impact on biohydrogen and biogas production*. Industrial Corps & Products. 210.

AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE LEVADURAS OSMOTOLERANTES OBTENIDAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL

Lesly Xiomara Machado Velarde, María Guadalupe Aguilar Uscanga, Mario Antonio Torres Acosta, Claudia Castro Martínez*. *CIIDIR Unidad Sinaloa - IPN, Guasave, Sinaloa. ccastro@ipn.mx

Palabras clave: bioetanol 2G, levadura osmotolerante, fermentación

Introducción. En México, la industria de la producción de mezcal, estima una generación de residuos de 1.5-2 millones de toneladas anuales, con potencial para ser utilizados como materia prima debido a su composición lignocelulósica (1). En la actualidad, este residuo permanece sin aprovechar, lo que representa un desafío ambiental y un obstáculo económico para los productores de mezcal (2). Una de las estrategias de aprovechamiento de los subproductos es la producción de biocombustibles, en particular bioetanol de segunda generación (bioetanol 2G). El proceso de obtención de bioetanol consta de cuatro etapas principales: pretratamiento, hidrólisis enzimática, fermentación y destilación/purificación (3). En este estudio, se llevó a cabo el aislamiento de levaduras con capacidad de consumir altas concentraciones de azúcares como fuente de carbono para su potencial producción de bioetanol 2G.

Métodos. Los microorganismos fueron aisladas de los tanques artesanales de producción de mezcal, en diferentes etapas del proceso de fermentación, mediante la técnica de dilución seriada. Se realizó la observación al microscopio (40X) y se seleccionaron las presuntas levaduras en base a su morfología. Se realizaron fermentaciones en medio líquido (30 °C) con los aislados seleccionados empleando mezclas de glucosa y xilosa como fuente de carbono (100 y 50 g/L). El crecimiento de los aislados se monitoreó por medio de la densidad óptica (620 nm) durante 72 h. El consumo de glucosa, xilosa, y la producción de etanol se determinó por UPLC usando una columna Aminex HPX-87H con una fase móvil de ácido sulfúrico 0.05 M y un flujo de 0.6 mL/min a una temperatura de 55 °C. Se calcularon los parámetros cinéticos de rendimiento ($Y_{g/g}$) y eficiencia metabólica (ϵ).

Resultados y discusión. De 210 aislados iniciales, 17 se identificaron como posibles levaduras de acuerdo a su morfología (Fig 1), y cinco de éstos (AGX-04-P, AGX-05-P, AGX-02-ES, AGX-04-PX y AGX-05-P4) fueron seleccionados por tener la capacidad de producir etanol empleando altas concentraciones de azúcares.



Fig. 1. Observación de los aislados en el microscopio (40X)

Los aislados AGX-05-P4, AGX-05-P y AGX-04-P presentaron su fase exponencial en las primeras 24 h (Fig 2). Por otro lado, los aislados AGX-04-PX y AGX-02-ES mostraron una fase lag o de adaptación tardía y un menor crecimiento.

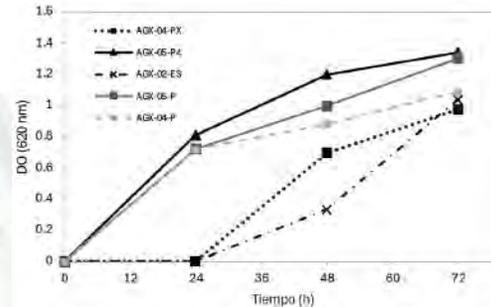


Fig. 2. Perfil cinético de crecimiento de 5 aislados obtenidos del proceso de producción de mezcal artesanal

El mayor rendimiento se obtuvo con el aislado AGX-04-PX (0.435 g/g), seguido de AGX-05-P (0.410 g/g), y AGX-02-ES (0.399 g/g) a las 48 h de la fermentación (Fig 3). Estos valores fueron cercanos al rendimiento teórico máximo de producción de etanol en glucosa (0.511 g/g) (4), y similares a los reportados en otros trabajos empleando levaduras aisladas de residuos de agave mezcalero para la producción de etanol (5,6).

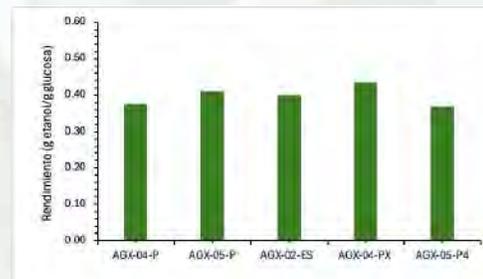


Fig. 3. Rendimiento de etanol de los aislados seleccionados

Estos mismos aislados mostraron eficiencias metabólicas entre 78.30% y 85.29%, y concentraciones de etanol entre 8.61 g/L y 17.93 g/L.

Conclusiones. Es posible emplear levaduras osmotolerantes aisladas del proceso de producción de mezcal para la producción de bioetanol 2G, con un rendimiento cercano al máximo teórico y eficiencias metabólicas superiores al 75%.

Agradecimientos. Proyecto Consorcios IPN-BUAP (2024-2025), Proyectos SIP20250313, SIP20250108.

Referencias.



VALORIZACIÓN DE VINAZAS DE AGAVE EN LA OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES

Miguel Angel Lorenzo-Santiago, Beatriz Guardado-Fierros, Jacobo Rodríguez-Campos, Silvia Maribel Contreras-Ramos*
 Unidad de Tecnología Ambiental, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ), Normalistas No. 800, Colinas de la Normal, C.P. 44270
 Guadalajara, Jalisco, México. *smcontreras@ciatej.mx

Palabras clave: vinazas tequileras, bioplásticos, residuos agroindustriales

Introducción. La creciente contaminación por plásticos y microplásticos representa una amenaza ambiental global que afecta tanto ecosistemas acuáticos como terrestres[1]. Ante esta problemática, el desarrollo de alternativas sostenibles como los bioplásticos ha cobrado relevancia, especialmente aquellos derivados de residuos agroindustriales[2]. Las vinazas, un subproducto líquido altamente contaminante generado en grandes volúmenes por la industria tequilera, contienen compuestos valiosos como 5-HMF, azúcares, ácidos orgánicos, fenoles e inulina[3]. En este contexto, el presente estudio propone la valorización de vinazas de agave mediante la incorporación de conjugados fenólicos (FPC) en la formulación de películas biodegradables a base de proteína y celulosa, ofreciendo una alternativa en la obtención de materiales plásticos.

Métodos. Los FPC fueron obtenidos a partir de vinazas de agave mediante un proceso de adsorción en resina SD2 a 25 °C por 24 h, seguido de desorción con etanol al 95% y dos tratamientos térmicos (121 °C, 15 psi, 15 min) adicionando peróxido de hidrógeno (0.5%) como catalizador. Estos compuestos fueron incorporados (1–3% p/v) en películas biodegradables elaboradas con una matriz de proteína (3% p/v), celulosa (0.1% p/v) y glicerol (0.9% p/v). La mezcla fue vaciada en placas Petri y secada a 40 °C durante 24 h. Las películas obtenidas fueron acondicionadas a 25 °C y 50% de humedad relativa antes de ser sometidas a análisis[4].

Se determinó solubilidad en agua; propiedades mecánicas (ASTM D-882-02); y propiedades térmicas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). Todas las pruebas se realizaron en triplicado y se compararon con un plástico comercial de polietileno de baja densidad, como control negativo.

Resultados y discusión. Las pruebas mecánicas indicaron que la adición de FPC mejoró las propiedades mecánicas de las películas, comparada con el control positivo (Proteína/celulosa). Por otro lado, la adición de 3% de conjugado, disminuyó la solubilidad en agua, debido a la capacidad del 5-HMF como aditivo (Tabla 1). La Figura 1 muestra el termograma de las películas, se puede observar el aumento de la temperatura de fusión en todas las muestras, acción atribuida a la adición de conjugados[5].

Tabla 1. Solubilidad en agua y propiedades mecánicas de películas adicionadas con conjugados de vinaza de Agave (FPC) y controles.

Películas	Solubilidad en agua (%)	Tensión a la fractura (MPa)	Elongación (%)	Modulo de Young (MPa)
Control (proteína-celulosa)	48.92 ± 0.11 ^a	4.86 ± 0.41 ^{bc}	29.40 ± 0.42 ^d	22.85 ± 2.51 ^e
FPC-1	46.47 ± 0.62 ^b	5.06 ± 1.26 ^{bc}	40.26 ± 0.14 ^c	43.32 ± 0.67 ^c
FPC-2	41.68 ± 0.33 ^c	5.10 ± 0.99 ^{bc}	46.92 ± 0.61 ^c	48.97 ± 0.60 ^c
FPC-3	39.89 ± 0.32 ^d	6.82 ± 0.15 ^b	63.15 ± 0.58 ^b	82.92 ± 1.74 ^b
Plástico comercial	0 ± 0.0 ^e	16.76 ± 0.29 ^a	152.42 ± 0.55 ^a	142.77 ± 4.76 ^a

Los valores mostrados después de ± corresponden a la desviación estándar. La diferencia de letras minúsculas entre columnas indica que los valores no difieren significativamente entre las películas. Se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

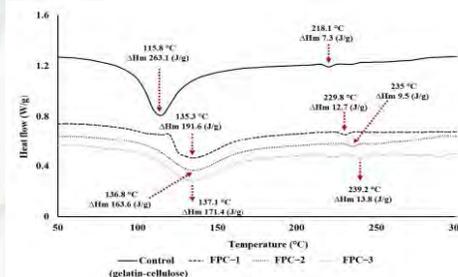


Fig. 1 Termograma DSC de la temperatura de transición de fusión (T_m) de las películas (FPC-1, FPC-2, FPC-3 y control) y la entalpía de fusión de las películas (ΔH_m).

Conclusiones. La incorporación de conjugados fenólicos extraídos de vinazas de agave en películas biodegradables mejora significativamente sus propiedades mecánicas y reduce su solubilidad en agua. La formulación FPC-3 presentó una mayor resistencia a la tracción y rigidez estructural, además de una menor solubilidad, en comparación con la película control. Además, la adición de FPC interfiere en el incremento de la temperatura de fusión. El aumento de la capacidad térmica y la mejora de las propiedades mecánicas, los hacen adecuados como recubrimientos agrícolas en aplicaciones poscosecha y como acolchados biodegradables en la agricultura.

Agradecimientos. Los autores agradecen los recursos proporcionados por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) a través de la beca posdoctoral recibida por Lorenzo-Santiago para realizar este proyecto y al Fondo de Desarrollo Científico de Jalisco (proyecto FODECIJAL 8138-2019).

Referencias.



ESTRATEGIAS DE SACARIFICACIÓN ENZIMÁTICA CON ALTAS CARGAS DE SÓLIDOS DE BAGAZO DE AGAVE PRETRATADO CON LÍQUIDOS IÓNICOS DE BAJO COSTO PARA LA PRODUCCIÓN DE METANO

José Antonio Pérez Pimienta; José Antonio Acosta Ortega; José de Jesús Jara Cortés; Hugo O. Méndez-Acosta
 Universidad Autónoma de Nayarit, UACBI, Ingeniería Química; japerez@uan.edu.mx

Palabras clave: bagazo de agave, líquidos iónicos, sacarificación

Introducción. El bagazo de *Agave tequilana* (BAT) pretratado con líquidos iónicos (LI) cuenta con una menor recalcitrancia en términos de reducción de lignina y cristalinidad de la celulosa. Recientemente, se han estudiado LI de bajo costo como el acetato de etanolamina [EOA][OAc] en BAT con un precio de ~\$2usd/L en comparación con LI tradicional con un costo superior a los \$50/kg. Por lo que, evaluar estrategias de sacarificación enzimática con altas cargas de sólidos permitiría aumentar la concentración de azúcares fermentables, mejorando la eficiencia de la producción de metano mediante digestión anaerobia. Permitiendo evaluar la integración de estos procesos para impulsar la valorización energética del BAT.

Métodos. Se emplearán las condiciones optimizadas para el pretratamiento de BAT con [EOA][OAc] (nombrado como BAP) a 160 °C y 90min (Pérez-Pimienta et al., 2022). Se optimizó el efecto de altas cargas de sólidos ($\geq 10\% \leq 30\%$ p/v) mediante la metodología de superficie de respuesta empleando un diseño central compuesto (DCC) en la sacarificación enzimática, usando el coctel enzimático Cellic Ctec2. Asimismo, se utilizaron las condiciones optimizadas para realizar pruebas de sacarificación enzimática por lote y lote alimentado desde el 12 hasta el 40% p/v.

Resultados y discusión. El BAP tuvo una deslignificación del 26% en comparación con el BA sin tratar. Después de la optimización de las condiciones de la sacarificación enzimática, evaluando cuatro parámetros distintos siendo estos: 1) carga de enzima (mg proteína/g celulosa), 2) carga de sólidos (% p/v), 3) pH, y 4) temperatura fue posible determinar las condiciones óptimas (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones óptimas de la sacarificación enzimática de BAP con [EOA][OAc]

Carga de enzima (mg Pt/g celulosa)	17.9
% Carga de sólidos (p/v)	24.3
pH	5.04
T (°C)	50.8
Glucosa teórica (g/L)	90.3
Glucosa experimental (g/L)	91.6

En la Figura 1, para cargas de sólidos del 26, 33 y 40% p/v resultaron concentraciones en rango de 200-230 g de azúcares reductores (AR)/L a las 120 h del tiempo final de reacción siendo mayores a las de 19 y 12 % (94.0 y 168.7 g AR/L). En la cinética de reacción para las cargas

de sólidos del 12, 19 y 26% p/v se observa que hay un incremento ascendente en la concentración conforme transcurre el tiempo, mostrándose al final un comportamiento que se dirige a la estabilidad. En consecuencia, para cargas de sólidos del 33 y 40% no se logró evaluar el comportamiento de la reacción, por lo cual solo se tomó la lectura hasta el tiempo final de 120h. Esto pudo deberse a que, a medida que aumenta la carga de sólidos, la biomasa desarrolla una suspensión de alta viscosidad que dificulta la transferencia de masa y hace que sea más difícil de mezclar, lo que limita la adición de más sólidos y, por consiguiente, la generación de menos hidrolizado.

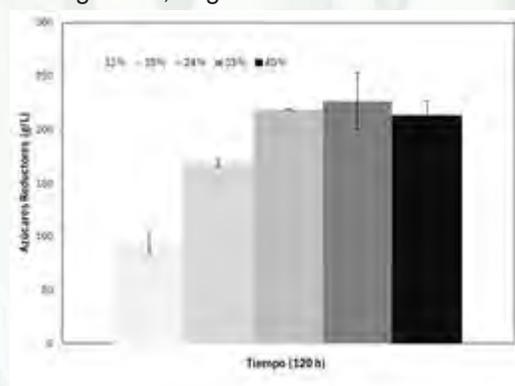


Fig. 1. Sacarificación por lote de BAP con [EOA][OAc] a diferentes cargas de sólidos (% p/v)

Conclusiones. El uso del DCC en la sacarificación enzimática, mostró que a una carga de sólidos $>24\%$ p/v se mejoran las cantidades de azúcares en el hidrolizado, demostrando así que al manipular este parámetro es posible obtener concentraciones superiores a los 100 g glucosa/L.

Referencias.

Pérez-Pimienta, J.A. (2022). One-pot ethanol production at optimized pretreatment conditions using agave bagasse at high solids loading with low- cost biocompatible protic ionic liquid. *Green Chem*, 24, 207–217.

INCORPORACIÓN DE CELULOSA MICROCRISTALINA OBTENIDA DE HOJAS DEL AGAVE DURANGENSIS EN PELÍCULAS DE ALGINATO DE SODIO

Orlando A. Manzanares-Meza^{1*}, Ana M. Avila-Galván¹, Héctor A. Ruíz², Frank, Meléndez-Anzures³, Enrique M. López-Cuellar³, Juliana, Morales-Castro^{1*}

¹TECNM/ I. T. de Durango, Depto. de Ing. Quim y Bioq., LANAEPI, Durango, Dgo.

²Grupo de Biorrefinería, Departamento de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coah.

³Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, N. L.

**Autor de correspondencia: jmorales@itdurango.edu.mx

Palabras clave: biopolímero, películas, permeabilidad, revalorización, lignocelulosa

Introducción. La producción de tequila y mezcal a partir de los *Agaves* genera elevadas cantidades de residuos lignocelulósicos (LC), los cuales permanecen en gran medida subutilizados a pesar de contener componentes valiosos como lignina, hemicelulosa y celulosa (1). La celulosa, el polisacárido más abundante en la Tierra, posee un alto potencial para la obtención de materiales avanzados y sostenibles, como la celulosa microcristalina (MCC), que puede utilizarse en la formulación de plásticos más biodegradables (2,3). En respuesta a las crecientes preocupaciones por la contaminación plástica y la necesidad de alternativas biodegradables en el sector de envases de alimentos, este estudio evaluó el efecto de la incorporación de MCC obtenida de hojas de *Agave durangensis* sobre las propiedades de películas de alginato de sodio (SA) plastificadas con glicerol.

Métodos. La MCC fue obtenida a partir de fibras LC de hojas del *A. durangensis*. Las fibras LC se deslignificaron con NaOH al 5% p/p por 2 h a 70 °C. Luego, se blanquearon con H₂O₂ al 5% p/p por 1 h a 60 °C. Una vez obtenida la MCC, las películas de SA fueron elaboradas siguiendo el protocolo descrito por Olivas & Barbosa-Cánovas en 2008 (3), con pequeñas modificaciones. Se preparó una solución acuosa al 1.75% p/p de SA a la cual se agregó glicerol al 40% p/p con respecto al contenido de SA, como muestra control. Luego, se prepararon soluciones acuosas idénticas a las cuales se incorporó la MCC en 1, 5 y 10% p/p con respecto a la matriz polimérica seca. Las soluciones se homogenizaron a 12000 rpm por 2 min y se vertieron en cajas Petri que se dejaron secar por 24 h a 25 °C y 30% de humedad relativa. Las películas fueron caracterizadas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Asimismo, se evaluaron las propiedades mecánicas (tensión de rotura (TS), módulo de Young (YM), y alargamiento a la rotura (EAB)) y la permeabilidad al vapor de agua (WVP).

Resultados y discusión. El análisis por SEM reveló en películas control, superficies uniformes, lisas y sin grietas, lo cual se correlacionó con sus propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua. La TS, YM, EAB y WVP presentaron magnitudes de 30.3±1.3 MPa, 1575.4±112.6 MPa, 2.45±0.32 % y 50.6±0.5 g mm m⁻² kPa⁻¹ día⁻¹, respectivamente. La incorporación de MCC en las películas resultó en superficies más rugosas con grietas y fibras

agregadas al incrementar progresivamente la presencia de MCC. Esto fue correlacionado con las propiedades evaluadas, observando un incremento del 13.3% en la TS con 1% p/p de MCC, mientras que contenidos superiores redujeron significativamente la TS, el YM y la EAB. Finalmente, la WVP aumentó significativamente en 37.3, 62.0 y 85.7% con el incremento en la concentración de MCC.

Conclusiones. La MCC obtenida de hojas del *Agave durangensis* fue incorporada exitosamente en películas de SA plastificadas con glicerol. A bajas concentraciones, la incorporación de MCC mejoró las propiedades mecánicas de las películas, sin embargo; la presencia de las fibras disminuyó las propiedades de barrera al vapor de agua. En conjunto, estos resultados respaldan el potencial de la MCC proveniente de hojas del *A. durangensis* como agente reforzante en las propiedades mecánicas de películas de SA, lo que permitiría la generación de materiales biodegradables con potencial aplicación en envases de alimentos.

Agradecimientos. Orlando Manzanares agradece el apoyo Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por la beca doctoral No. 966556 y al Tecnológico Nacional de México/TECNM por el financiamiento del proyecto No. 20357.24-P.

Referencias.

1. Contreras-Hernández, M.G., Ochoa-Martínez, L.A., Rutiaga-Quifiones, J.G., Rocha-Guzmán, N.E., Lara-Ceniceros, T.E., Contreras-Esquivel, J.C., Prado Barragán, L.A., Rutiaga-Quifiones, O.M. (2018). Effect of ultrasound pre-treatment on the physicochemical composition of *Agave durangensis* leaves and potential enzyme production. *Bioresour Technol*, 249, 439–446.
2. Celik, S., Kutlu, G., Tornuk, F. (2024). Recovery and characterization of cellulose microfibrils from fallen leaves and evaluation of their potential as reinforcement agents for production of new biodegradable packaging materials. *Food Sci Nutr*, 12, 8364–8376.
3. Olivas, G. I., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2008). Alginate-calcium films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT-Food Sci Technol*, 41(2), 359–366.

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE AGAVE MEZCALERO MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE NANOCELULOSA CRISTALINA POR TECNOLOGÍAS VERDES

Susana Rojas-Varela¹, Ana M. Ávila-Galván¹, Orlando Manzanares-Meza¹, Gerardo Valles-Salas¹, Sergio A. Galindo-Rodríguez², Juliana Morales-Castro^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica. Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Nueva Vizcaya, 34080. Durango Dgo., México.

²Universidad Autónoma de Nuevo León/Facultad de Ciencias Químicas. Pedro de Alba S/N, Niños Héroes, Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, N.L. *Autor de correspondencia: jmorales@itdurango.edu.mx / 6181891705

Palabras clave: Pencas de agave, nanocelulosa, NADES, Ultrasonido, Microondas

Introducción. El aumento en la producción de mezcal ha generado grandes cantidades de residuos lignocelulósicos, principalmente pencas de agave, las cuales presentan un alto contenido de celulosa (1). Estos residuos pueden valorizarse para obtener materiales avanzados como la nanocelulosa cristalina, destacada por su resistencia mecánica, biocompatibilidad y biodegradabilidad (2).

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar métodos ecológicos para extraer nanocelulosa cristalina a partir de hojas de agave mezcalero, utilizando tecnologías alternativas (microondas y ultrasonido), en conjunto con solventes verdes (Solventes Eutécticos Profundos Naturales, NADES), promoviendo una alternativa sostenible para el aprovechamiento de estos residuos.

Métodos. Las hojas de agave se procesaron para obtener fibras lignocelulósicas, seguidas de una deslignificación alcalina (NaOH al 5% y H₂O₂ al 5%) para la obtención de celulosa, la cual fue caracterizada y empleada para producir nanocelulosa cristalina (CNC) mediante cuatro métodos: 1) H₂SO₄ (50 %), 60 min; 2) NADES (ChCl:AO (1:1 y 2:1)) (1:100), 60–120 min, 95°C; 3) NADES con ultrasonido (NADESUS (1:100), 90 °C) y 4) NADES con microondas (NADESMW (1:100), 5–10 min). La CNC fue caracterizada mediante la determinación del tamaño de partícula (ϕ), índice de cristalinidad (IC%), e índice de polidispersión (PDI).

Resultados y discusión. La composición de las hojas de agave consistió en celulosa (36.6 % \pm 1.5), hemicelulosa (17.4 % \pm 0.8), lignina (26.1 % \pm 1.0) y compuestos extractivos (7.0 % \pm 0.6). La celulosa presentó resultados de ϕ = 1,257 nm \pm 344, CI% = 76.8 % \pm 0.8, PDI = 1. En base a un diseño experimental factorial, se obtuvieron las condiciones óptimas de proceso, siendo a) H₂SO₄ (50 %) 60 min (MC); b) NADES (2:1 M) 90 min (NT); c) NADESUS (2:1 M) 60 min (NU); d) NADESMW (1:1 M) 5 min (NM). Obteniendo resultados de rendimiento, ϕ , CI% e PDI de MC) 90.63 % \pm 0.62, 3.11 nm \pm 0.02, 82.47 % \pm 0.48, 0.34 \pm 0.00 NT) 72.4 % \pm 0.4, 3.2 nm \pm 0.0, 86.2 % \pm 0.5, y 0.3 \pm 0.07; NU) 90.8 % \pm 1.4, 3.04 nm \pm 0.04, 85.3 % \pm 0.3 y 0.3 \pm 0.01; NM) 86.2 % \pm 3.7, 68.3 nm \pm 0.04, 79.7 % \pm 0.5 y 0.27 \pm 0.08 respectivamente.

Estos resultados reflejan que, a partir de los distintos tratamientos verdes, se logra obtener nanocelulosa cristalina, presentando un tamaño en la escala nanométrica (1 – 100

nm). La nanocelulosa obtenida a partir del agave, presenta valores de IC% superiores al 75%, Espino et al., (2014) reportan nanocelulosa de agave con un IC% de 71%, lo que indica que la metodología verde presenta una alta eficiencia para la obtención de nanocelulosa con un alto contenido de regiones cristalinas. Por otro lado, el PDI de las muestras se encuentra dentro de los valores de 0.1 – 0.4, indicando así que las muestras obtenidas son moderadamente polidispersas, siendo resultados comparables con literatura como Meirelles et al., (2020), donde obtuvieron un PDI = 0.37. Este valor resulta favorable en comparación con la muestra de celulosa (PDI = 1), indicando una muestra de CNC mayormente homogénea en tamaño de partícula, confirmando con ello una reducción efectiva en el tamaño tanto en métodos convencionales como verdes.

Conclusiones. Se obtuvo nanocelulosa utilizando metodologías verdes con solventes NADES (ChCl:OA), asistidos con ultrasonido y microondas. La nanocelulosa obtenida, se encontró en la escala nanométrica, por debajo de los 100 nm. Adicionalmente, el índice de cristalinidad de las muestras se encontró por encima del 75 %, indicando la formación de nanocristales de celulosa.

Agradecimientos. Al CONAHCYT por la beca número 841744 y CVU 1272098.

Referencias:

- Álvarez-Chávez J, Villamiel M, Santos-Zea L, Ramírez-Jiménez AK. (2021). Agave By-Products: An Overview of Their Nutritional Value, Current Applications, and Processing Methods. *Polysaccharides*, 2(3):720-43.
- Jiang J, Zhu Y, Jiang, F. (2021). Sustainable isolation of nanocellulose from cellulose and lignocellulosic feedstocks: Recent progress and perspectives. *Carbohydr Polym*, 267,118188.
- Espino, E., Cakir, M., Domenek, S., Román-Gutiérrez, A. D., Belgacem, N., & Bras, J. (2014). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from industrial by-products of Agave tequilana and barley. *Industrial Crops and Products*, 62, 552-559. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.017>
- Meirelles, A. A. D., Costa, A. L. R., & Cunha, R. L. (2020). Cellulose nanocrystals from ultrasound process stabilizing O/W Pickering emulsion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.185>.

BIOPROSPECCIÓN DE BACTERIAS CON POTENCIAL PROBIÓTICO EN ENSILADOS DE HOJAS DE *Agave americana*

Erika Alicia De la Cruz-Arguijo^{1,2}, Humberto Martínez-Montoya²; Claudia Patricia Larralde-Corona¹; Maribel Mireles-Martínez¹, José Alberto Narváez-Zapata^{1*}. ¹Instituto Politécnico Nacional- Centro de Biotecnología Genómica (Blvd. Del Maestro, S/N, Reynosa, Tamps. 88710), ²UAMRA-UAT (C 16, Aztlán, Reynosa, Tamps. 88740). *jnarvaez@ipn.mx.

Palabras clave: *Agave americana*, bioprospección, potencial probiótico

Introducción. El agave se utiliza para producir bebidas alcohólicas en México, con 140 especies que se adaptan a ambientes áridos y semiáridos. Los subproductos del *A. americana*, como las hojas, contienen metabolitos bioactivos con propiedades beneficiosas para la salud, como estimular la microbiota beneficiosa (1). Durante el ensilado de hojas se encuentran bacterias ácido-lácticas que pueden transformar fructanos (2). La bioprospección de bacterias ácido-lácticas es una alternativa para el uso más eficiente y respetuoso de estos subproductos con el medio ambiente. Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo identificar microorganismos con potencial probiótico aislados de ensilados de agave.

Métodos. Hojas de *A. americana* se lavaron, cortaron en cubos, secaron a 60 °C durante 5 d y se molieron para obtener un polvo. Luego, un caldo peptona de caseína con agave en polvo se incubó con fibras de agave fresco durante 20 d. Se tomaron diferentes tiempos de ensilado para analizar azúcares reductores, la diversidad y estructura de la población microbiana por metagenómica, y los ácidos orgánicos por HPLC. Se aislaron microorganismos mediante diluciones seriadas. Lugo se seleccionaron bacterias diferentes por rep-PCR y se identificarán por 16S. Posteriormente se revisará el potencial prebiótico de aquellas bacterias de géneros descritos como probióticas.

Resultados y discusión. Se obtuvieron ensilados en tubos falcón después del proceso descrito en la Fig. 1.



Fig. 1 Eliminación de cutícula, troceado, molienda y ensilado

Luego se realizó el análisis metagenómico en 3 tiempos del proceso obteniéndose un gran porcentaje de bacterias Lactobacillaceae y Acetobacteraceae en el día 10 del proceso (Fig. 2). Paralelamente se realizó el aislamiento de cepas obteniéndose 83 colonias, mismas que se pre-seleccionaron por su crecimiento en medio MRS y LB (medio óptimos para lactobacilos), quedándose con 35

cepas que en su mayoría presentan un perfil genético rep-PCR diferente (Fig.3).

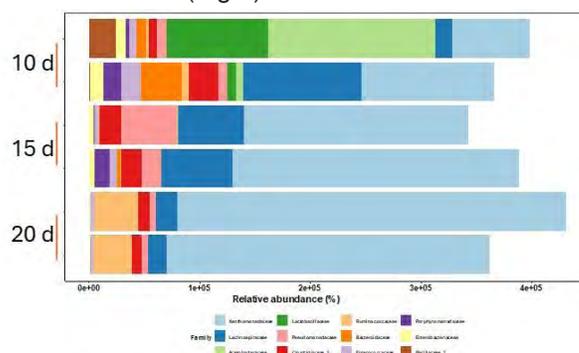


Fig. 2. Análisis Metagenómico en los días 10, 15 y 20 del ensilado. Los colores indican los taxa bacterianos predominantes

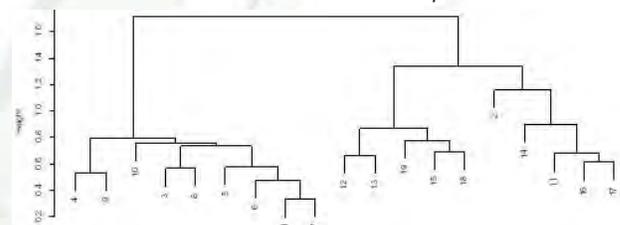


Fig. 3. UPGMA de las huellas genómicas por rep-PCR de las bacterias aisladas indicando grupos de cepas genéticamente relacionados

Conclusiones. Hasta el momento se ha identificado la presencia de bacterias de la familia Lactobacillaceae durante el ensilado y se han aislado más de 30 cepas diferentes, mismas que serán analizadas en su potencial probiótico posteriormente.

Agradecimientos. SIP 20250878 y 20254173.

Referencias.

- Álvarez-Chávez et al. (2021). Subproductos del agave: una descripción general de su valor nutracéutico, aplicaciones actuales y métodos de procesamiento. *Polisacáridos*, 2(3), 720-743.
- Alcantar-Morales, S. et al. (2024). Kinetics and microbiology of pulp silage from decorticated *Agave salmiana* leaves. *Mex. J. Biotechnol*, 9(4), 14–29.

EFFECTO DE *Enterococcus faecium* Y *Bacillus subtilis* EN LA REMOCIÓN DE SAPONINAS Y BLANQUEO POR ENRIADO DE FIBRAS DE *Agave salmiana*

Mauricio Piñón-Herrera, Nayeli Martha-Lucero, Alma Cruz-Guerrero, Gustavo Viniegra-González
 Universidad Autónoma Metropolitana, CDMX. viniuami@gmail.com. 55 5409 6257. San Rafael Atlixco, #186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México

Palabras clave: *Agave salmiana*, *ixtle*, *enriado*

Introducción. El aprovechamiento textil de las fibras de *Agave salmiana* (ixtle) requiere el tallado de las hojas y la eliminación de gomas y residuos vegetales. Sin embargo, durante este proceso, las fibras suelen oscurecerse y retener saponinas, cuya persistencia puede resultar irritante. En este estudio se evalúa si es posible reducir el contenido de saponinas adheridas a las fibras y mejorar su blancura mediante un proceso de enriado.

Métodos. Se incubaron muestras de 200 g de fibras de *A. salmiana* talladas a máquina [1], lavadas con agua y suspendidas en 250 mL de medio MRS modificado, adicionando fructanos reemplazando glucosa como fuente de carbono. Las suspensiones se ajustaron a pH 6.5 y se colocaron en recipientes cilíndricos de 740 mL, incubados a temperatura ambiente. Los tratamientos consistieron en la inoculación con *Enterococcus faecium* (BAL8, OM967272) o *Bacillus subtilis* (BAL9, OM80284) [2]. El testigo no se inoculó, permitiendo la acción de la microbiota endófito del ixtle. El seguimiento del proceso de enriado se realizó por triplicado, midiendo el pH, el contenido de saponinas [3] y el índice de blancura (IB) mediante un colorímetro.

Resultados. La Tabla 1 presenta los resultados del proceso de enriado de las fibras de *A. salmiana*, tanto en la condición sin inóculo (testigo) como con las cepas BAL 8 y BAL 9.

Tabla 1. Efecto del enriado de fibras de *A. salmiana* después de siete días de incubación a temperatura ambiente

Tratamiento	pH final	Saponinas (mg/g fibra)	Blancura	IB
Testigo	3.96	1.4 ± 0.74	34.38 ± 4.7	19.95
BAL8	3.51	0.82 ± 0.76	43.29 ± 3.8	34.08
BAL9	3.67	1.4 ± 0.60	20.58 ± 9.8	20.58

Al inicio: pH = 6.5; Saponinas = 2.08 ± 0.43, IB = 19.95 ± 8.0

En todas las muestras, el pH descendió a valores cercanos a 3.7, lo que evidencia la fermentación de los fructanos, incluso en el testigo no esterilizado. Las saponinas se redujeron únicamente con BAL 8, que también elevó el IB; en el testigo solo se incrementó el IB, mientras que la BAL 9 no presentó ninguna variación. El efecto podría deberse a la inhibición enzimática asociada a los metabolitos que producen solamente algunas BAL [4]. La Fig. 1 compara la muestra inicial oscura con la tratada con BAL 8, evidenciando un notable aclaramiento de las fibras después de la fermentación.

En resumen, únicamente el tratamiento con BAL 8 redujo las saponinas y aumentó la blancura de las fibras, mientras que la fermentación espontánea aclaró parcialmente las fibras sin afectar las saponinas.



Fig. 1. Ovillos de fibras de *A. salmiana*. Las muestras corresponden a la fibra inicial (izquierda, IB ≈ 20) y la tratada con BAL 8 (derecha, IB ≈ 43).

Conclusiones. La cepa de *E. faecium* (BAL8) resultó ser eficaz para el blanqueo y remoción de saponinas en la fibras de *A. salmiana*.

Agradecimientos. MPH disfrutó de una beca del proyecto FORDECYT-PRONACES/1312404/2020. NML fue becaria doctoral del CONAHACYT.

Referencias.

- Alcantar-Morales, S.L., et al. (2024). Kinetics and microbiology of pulp silage from decorticated *Agave salmiana* leaves. *Mex. J. Biotechnol.*, 9(4), 14-29.
- Gallardo-Martínez D. et al. (2024) Isolation and characterization of epiphytic, fructanolytic, homofermentative lactic acid bacteria from *Agave salmiana*. *Rev. Mex. Ing. Quím.*, 3(1), 1- 8.
- Baccou, J. C., et al. (1977). Spectrophotometric method for the determination of total steroidal saponin. *Analyst*, 102(1215), 458-465.
- Bajpai, V.K., et al. (2016). Partially Purified Exo-Polysaccharide from *Lactobacillus Sakei* Probio 65 with Antioxidant, α -Glucosidase and Tyrosinase Inhibitory Potential. *J. Food Biochem.*, 40(3), 264-274.

ENSILAJE DE LA PULPA DE LAS HOJAS DE *Agave salmiana*

Sarahí Lissette Alcantar-Morales, Akari Ramírez-Ortiz, Diego Gallardo-Martínez, Ernesto Favela-Torres, Alma Elizabeth Cruz-Guerrero, Gustavo Viniegra-González.

Universidad Autónoma Metropolitana, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, # 186, Col. Leyes de Reforma, Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257, viniuami@gmail.com.

Palabras clave: ensilaje, pulpa de agave, cinéticas

Introducción. El ensilaje de las hojas de agave es un recurso forrajero usado durante el estío en las zonas áridas [1]. En particular, se requiere investigar si esta fermentación mitiga la contaminación por meso bacterias provenientes del tallado mecánico de las hojas de *A. salmiana*, para obtener: las fibras como producto textil [2] y la pulpa residual como pienso fermentado. De manera similar al uso forrajero de la pulpa de henequén o sisal [3].

Métodos. Las fermentaciones se realizaron por triplicado, por muestreo c/48h. Los metabolitos se analizaron por HPLC y la microbiología por el conteo de colonias en cajas con medios MRS y caldo nutritivo.

Resultados y discusión. La Fig. 1 muestra la cinética de la fermentación láctica con dos etapas: a) Inicial, creciente, con pico a los 11 días y b) Final, decreciente, estabilizada a los 30 días. La concentración de otros metabolitos fue menor de 20 g/kg durante el primer mes y < 40g/kg después. No se detectó etanol.

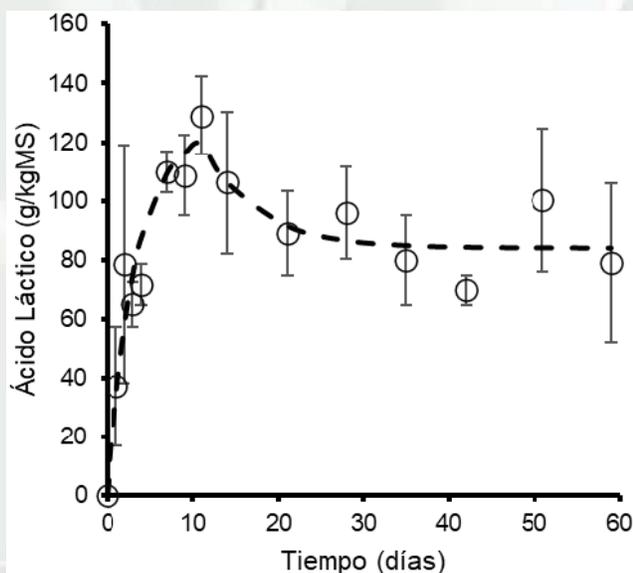


Fig. 1. Evolución de la concentración de ácido láctico en micro silos de pulpa de *A. salmiana*

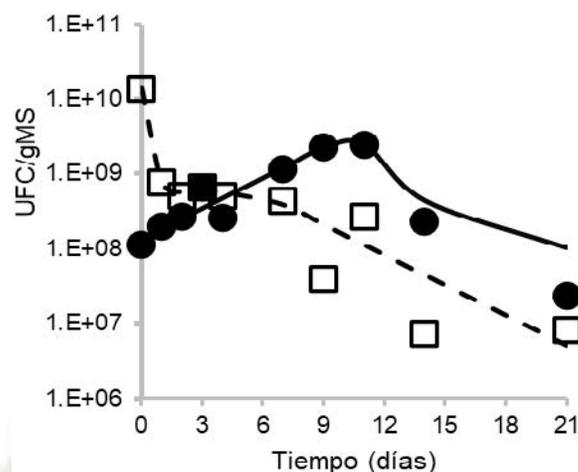


Fig. 2. Evolución de las poblaciones de bacterias ácido-lácticas (*) o mesófilas (□) presentes en el ensilaje de pulpa de hojas de *Agave salmiana*.

La Fig. 2 muestra el predominio de las bacterias ácido-lácticas sobre las mesófilas. Estos resultados se han extrapolado exitosamente a silos de 4 toneladas.

Conclusiones. El ensilaje de la pulpa es similar al ensilaje de las hojas picadas [1] aunque la pulpa se contamine con bacterias mesófilas. Por lo tanto, este proceso es útil para conservar la pulpa como recurso forrajero estival en las zonas áridas.

Agradecimientos. Estudio financiado por FORDECYT-PRONACES/1312404/2020, en convenio con CIAD. La máquina talladora fue construida por el Ing. Fernando Cortés Bárcenas.

Referencias.

1. Pinos-Rodríguez, J.M., et al. (2008). The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 38(1), 43.
2. Alcantar-Morales, S. L., et al., (2024). Kinetics and microbiology of pulp silage from decorticated *Agave salmiana* leaves. *Mex. J. Biotechnol.*, 9(4),14-29.
3. Souza, F. N. C., et al. (2018). Sisal silage addition to feedlot sheep diets as a water and forage source. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 235, 120-127.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE AGAVE MEZCALERO MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE CELULOSA CITRADA: EVALUACIÓN COMO AGENTE DE REFUERZO EN BIOPELÍCULAS

Ana M. Avila-Galván¹, Juliana Morales-Castro^{1*}, Orlando A. Manzanares-Meza¹, Héctor A. Ruíz-Leza²

¹TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica. Durango Dgo., México.

²Biorefinery Group. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.

* Autor de correspondencia: jmorales@itdurango.edu.mx/ 6181891705

Palabras clave: Hojas de agave, modificación química, bioplásticos, propiedades mecánicas

Introducción. Los desechos lignocelulósicos del agave generados a partir de la producción de mezcal representan una fuente valiosa para la obtención de biopolímeros funcionales ⁽¹⁾. En este trabajo se presenta la valorización de hojas residuales de agave a través de la recuperación de celulosa por tecnologías verdes, su posterior modificación química con ácido cítrico como metodología clave para mejorar la compatibilidad de la celulosa modificada con matrices poliméricas (biopelículas), y, finalmente, su evaluación como refuerzo en películas biodegradables a base de almidón, alcohol polivinílico (PVA) y glicerol (Gly) para mejorar sus propiedades.

Métodos. Se aisló celulosa (NaC) mediante un proceso ecológico secuencial (Pretratamiento hidrotérmico + solventes naturales eutécticos profundos (NaDES, Cloruro de colina con ácido láctico en relación molar 1:10)), la cual fue modificada con ácido cítrico ⁽²⁾ a distintas condiciones (relaciones molares ácido cítrico: celulosa entre 1:1 y 1:3 y tiempos de reacción de 4 a 7 h) generando las muestras MC1–MC4 de diferentes grados de sustitución (SD). La modificación fue confirmada mediante FTIR y XRD, y las muestras se evaluaron como agentes de refuerzo en biopelículas a base de almidón (St. 5 wt. %), PVA (25 wt. % respecto a St.), y Gly (25 wt. % respecto a St.). Se añadió celulosa en concentraciones de 5 a 10 wt. % (respecto a St.) ⁽³⁾. Se realizaron pruebas mecánicas (resistencia a la tracción, módulo de Young y elongación) y de permeabilidad al vapor de agua a las biopelículas.

Resultados y Discusión. La caracterización cualitativa de las muestras celulósicas modificadas se llevó a cabo mediante FTIR Y XRD (Fig. 1), evidenciando la presencia de grupos carboxílicos adheridos a las cadenas celulósicas y la reducción del grado de cristalinidad (CI) de las muestras como efecto de la incorporación de estos. Las formulaciones MCSF-2, MCSF-3 y MCSF-4, correspondientes a las muestras celulósicas modificadas MC2 (SD= 0.70), MC3 (SD= 0.45) y MC4 (SD= 0.50), mostraron mejoras en las propiedades mecánicas y de barrera al agua (Tabla 1). La película MCSF-22 presentó la mayor estabilidad mecánica (mayor resistencia a la tracción, módulo de Young y elongación).

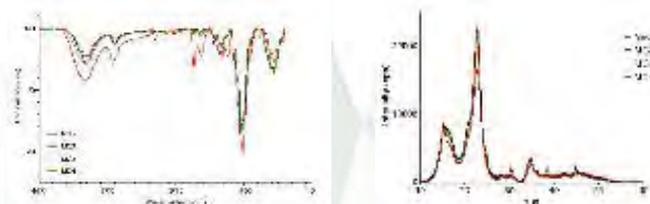


Fig. 1. Espectros FTIR y difractogramas de muestras celulósicas nativa y modificadas

Tabla 1. Propiedades mecánicas de biopelículas reforzadas con celulosa nativa y modificada

Muestra	TS (MPa)	E (%)	YM (MPa)
MCSF-21	6.16 ± 0.92 ^a	31.24 ± 0.59 ^a	10.25 ± 1.31 ^a
MCSF-22	4.11 ± 0.02 ^b	23.17 ± 2.35 ^c	11.46 ± 1.56 ^a
MCSF-31	3.39 ± 0.44 ^c	24.65 ± 0.75 ^b	7.26 ± 0.20 ^c
MCSF-32	2.61 ± 0.13 ^e	26.04 ± 1.05 ^b	7.91 ± 0.59 ^b
MCSF-41	3.51 ± 0.37 ^c	22.71 ± 0.80 ^c	5.66 ± 0.44 ^d
MCSF-42	3.03 ± 0.37 ^d	21.12 ± 0.49 ^d	6.47 ± 0.13 ^c
NaCSF-1	3.22 ± 0.33 ^d	24.89 ± 2.50 ^b	8.24 ± 0.59 ^b
NaCSF-1	2.49 ± 0.31 ^e	23.73 ± 2.12 ^c	8.86 ± 1.62 ^b

Conclusiones. Este estudio demuestra una alternativa novedosa de aprovechamiento de las hojas de agave mezcalero mediante la producción de celulosa modificada con procesos de citración, con un alto potencial como aditivo funcional en bioplásticos a base de componentes naturales, contribuyendo así a una estrategia sustentable de valorización de subproductos del agave y a la búsqueda de materiales alternativos al plástico convencional.

Agradecimientos. Los autores agradecen al COCYTED, a la doctora Claudia Badillo (UAdeC) y al grupo de Biorefinería (UAdeC).

Referencias.

- Krishnadev PS, K., Janaki-Janavi GG, S., Lakshmanan A. (2020). Synthesis and Characterization of Nano-fibrillated Cellulose Derived from Green *Agave Americana* L. *Fiber. BioResour*,15(2),2442-58.
- Gil-Giraldo GA, Mantovan J, Marim BM, Kishima JOF, Mali S. (2021). Surface Modification of Cellulose from Oat Hull with Citric Acid Using Ultrasonication and Reactive Extrusion Assisted Processes. *Polysacc*, 2(2), 218-33.
- Judawisastra HS, R.D.R., L. M, Mardiyati. (2017). Water absorption and its effect on the tensile properties of tapioca starch/polyvinyl alcohol bioplastics. *IOP Conf Series: M.s&E*;22

DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SAPONINAS DE LAS HOJAS DE *Agave durangensis*

Anuar Ramón Campos Gallegos, Javier López Miranda*, Damián Reyes Jáquez, Perla Guadalupe Vázquez Ortega, Juan Antonio Rojas Contreras, Manuel Agustín Pérez Ricárdez

*Posgrado en Ingeniería Bioquímica. TecNM/I.T. Durango. Felipe Pescador 1803, Nueva Vizcaya, 34080 Durango, Dgo., México, 6181174768, jlopez@itdurango.edu.mx

Palabras clave: Diseño conceptual, Saponinas, Viabilidad del proceso

Introducción. Por una parte, el diseño conceptual facilita la búsqueda de soluciones a los problemas productivos [1]. Por otra, la composición química de las hojas de agave las posiciona como materia prima para la recuperación de sus componentes valiosos [2], como lo son la hecogenina y tigogenina, dos saponinas esteroidales de interés farmacéutico [3]. Los métodos de extracción utilizados para su recuperación utilizan grandes volúmenes de solvente y tiempos de extracción largos o tecnologías costosas y poco escalables [4]. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo realizar el diseño conceptual del proceso de recuperación de saponinas contenidas en el jugo de las hojas de *Agave durangensis* obtenido por prensado y evaluar su viabilidad técnica y ambiental.

Métodos. El proceso de producción se analizó por medio del software CHEMCAD. La composición química de las hojas se obtuvo de diferentes fuentes bibliográficas. Las propiedades de los compuestos que no se encontraron en la biblioteca del CHEMCAD se calcularon con el software Cranium. El impacto del proceso sobre el medio ambiente se evaluó con la herramienta “environmental report”, la cual usa el algoritmo WAR (Waste Reduction). Los resultados permitieron determinar el impacto técnico y ambiental del proceso de producción propuesto.

Resultados y discusión. La Tabla 1 muestra los índices de impacto ambiental que corresponden a las corrientes de salida del proceso. Estos resultados se atribuyen a la ausencia de equipos de conversión que generen nuevos compuestos con potencial impacto ambiental. Incorporar un sistema de destilación para recuperar el etanol del sobrenadante tras la precipitación alcohólica reduce el impacto asociado al uso de “etanol fresco” a cada lote.

Tabla 1. Valores de los índices de impacto ambiental potencial (PEI) del proceso de producción de saponinas

Tipo de índice	Valor
Índice de generación de impactos (PEI/h)	0
Generación específica de impactos (PEI/kg)	0
Índice de producción de impactos (PEI/h)	1.49
Producción específica de impactos (PEI/kg)	0.38

El diagrama del proceso de extracción de saponinas (Figura 1) muestra las operaciones unitarias y su secuencia para obtener saponinas de hojas de *Agave durangensis*. El proceso inicia con la extracción del jugo mediante

prensa de rodillos, seguido de la separación de la fase sólida. Posteriormente, se realiza la adición de etanol a la fase líquida lo cual induce la precipitación de las saponinas. Finalmente, se contempla la recuperación del etanol. La mayoría de las operaciones se realizan con equipo especializado, destacando la prensa de rodillos; también se identifican operaciones manuales.

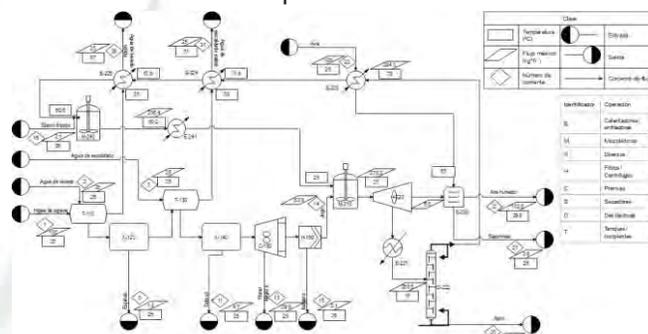


Figura 1. PFD del proceso de producción de saponinas

Conclusiones. El proceso propuesto es técnicamente viable debido a que, es posible recuperar y reutilizar el solvente gastado. No obstante, se recomienda realizar el desorillado y desollado de manera automática. Además, el impacto ambiental del proceso propuesto es bajo.

Agradecimientos. Al SECIHTI por la beca otorgada al primer autor (No. de CVU 1320037).

Referencias.

- Cockton, G. (1992). Conceptual design. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 153–154. <https://doi.org/10.1145/632716.632808>.
- Álvarez Chávez, J., Villamiel, M., Santos Zea, L., & Ramírez Jiménez, A. K. (2021). Agave By-Products: An Overview of Their Nutraceutical Value, Current Applications, and Processing Methods. *Polysaccharides*, 2(3), 720–743. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2030044>.
- Yuan, C., Li, Y., Li, Q., Jin, R., & Ren, L. (2018). Purification of tea saponins and evaluation of its effect on alcohol dehydrogenase activity. *Open Life Sciences*, 13(1), 56–63. <https://doi.org/10.1515/biol-2018-0008>.
- Cheok, C. Y., Salman, H. A. K., & Sulaiman, R. (2014). Extraction and quantification of saponins: A review. *In Food Research International*, 59, 16–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.057>.

ETHANOL PRODUCTION FROM AGAVE IN BRAZIL: A COMPARATIVE STUDY OF AGAVE WERCKLEI 'BLUE GIANT' AND AGAVE TEQUILANA

Tássia Cristina da Silva^{1,2}, Maria Teresa Tabai², Fábio Trigo Raya^{2,3}, Gonçalo Amarante Guimarães Pereira², Marcelo Falsarella Carazzolle², Sarita Cândida Rabelo⁴.

¹Interinstitutional Graduate Program in Bioenergy (USP/UNICAMP/UNESP), Brazil; ²Laboratory of Genomics and BioEnergy (LGE), UNICAMP, Brazil; ³Laboratory of Crop Physiology (LCROP), UNICAMP, Brazil; ⁴School of Agriculture, UNESP, Brazil

Corresponding author: goncalo@unicamp.br; +55 1999223-4316

Keywords: ethanol, *Agave wercklei*, *Agave tequilana*

Introduction. Ethanol production from *Agave* is comparable to, or even exceeds, that of traditional bioenergy crops such as corn, sweet sorghum, and sugarcane in terms of life cycle energy efficiency, water use, and greenhouse gas emissions. *Agave wercklei* was introduced to Brazil from Costa Rica in 1936 and is now widely distributed across the country. Recently, a population, nicknamed the blue giant, of this species was identified, with some individuals displaying large rosettes and producing between 360 and 595 kg of biomass, even without any agricultural management. This study characterizes *A. wercklei* 'Blue Giant' in relation *A. tequilana*.

Methods. Agave plants (8–11 years old) grown without agricultural management were harvested between 2024 and 2025 in Artur Nogueira, São Paulo, Brazil (22°35'56.5" S, 47°06'59.5" W). The plants were milled and subjected to either acid (H₂SO₄) or hydrothermal hydrolysis. For acid hydrolysis, 0.5% (v/v) sulfuric acid was applied to leaf and piña juices. Hydrothermal hydrolysis was conducted at 110°C for 30 min for *Agave wercklei* (FTR7) and at 121°C for 90 min for *A. tequilana* (LGE10), using both solid and liquid fractions in a 1:1 leaf-to-piña ratio. Ethanol fermentation was carried out using the industrial yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* DistilaMax TQ, following López-Alvarez's protocol¹. Fermentation (3% w/v yeast) was performed in 3.5 L reactor capacity volume at 33°C for 12 hours without agitation. Hourly samples (2 mL) were filtered and analyzed via HPLC to determine sugar and ethanol concentrations. All assays were performed in triplicate for both hydrolysis methods.

Results and discussion. *A. wercklei* FTR7, is a fleshy agave, which is well represented in its moisture content, with 94% in the leaves and 83% in the piña. In contrast, *A. tequilana* (LGE10) showed lower moisture levels, with 73% in the leaves and 68% in the piña. For both agaves studied, hydrothermal treatment using an autoclave proved more effective in sugar extraction compared to acid hydrolysis. FTR7 also has a higher water content and fewer saponins, which simplifies the extraction process and results in a higher sugar yield. As shown in Table 1, hydrolysis of the FTR7 piña released 214.08 g/L of fermentable sugars (sucrose, fructose, and glucose), compared to 175.64 g/L

from the LGE10 piña. Ethanol production was also superior in FTR7, yielding 98.09 g/L, while LGE10 produced 71.02 g/L. Additionally, agave leaves, often discarded, contain both sugars and water, representing a valuable resource for ethanol production, particularly in arid and semi-arid environments.

Table 1. Sugars are extracted and converted into ethanol

Agave	Tissue	Hydrolysis process	Juice (L)	TRS (g/L)	Ethanol (g/L)
<i>Agave wercklei</i> (FTR7) 100 Kg	Leaf	Acid	70.0±4.5	74.8±2.4	22.1±0.1
		Hydrothermal		101.1±3.6	39.3±4.7
	Piña	Acid	60±5	170.1±12.1	67.3±1.1
		Hydrothermal		214.8±15.3	98.1±2.0
100 Kg	Leaf + Piña (1:1)	Acid	84±2.2	105.7±2.1	42.8±2.2
	Hydrothermal	141.2±9.2		61.3±1.4	
<i>Agave tequilana</i> (LGE10) 100 Kg	Leaf	Acid	52.8±8.4	94.8±6.8	12.6±1.1
		Hydrothermal		118.9±7.1	0
	Piña	Acid	30±5.4	66.7±21.6	25.2±0.9
		Hydrothermal		175.6±11.1	71.1±0.7
100 Kg	Leaf + Piña (1:1)	Acid	51±3.8	48.5±8.4	13.1±1.9
	Hydrothermal	146.5±6.7		45.5±4.5	

Conclusions. The results highlight the potential of certain agave species for ethanol production under experimental conditions. *Agave wercklei* showed higher juice, sugar, and ethanol yields than *Agave tequilana* during hydrolysis and fermentation. These findings contribute to the growing body of evidence supporting the feasibility of agave as an alternative feedstock for bioethanol in tropical regions such as Brazil, although further studies involving large-scale cultivation and fullprocess assessments are needed to evaluate nationalscale viability.

Acknowledgements. We would like to thank Shell Brazil and ANP (National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels) for their strategic support through regulatory incentives for research, development, and innovation.

References.

1. López-Alvarez, A., Díaz-Pérez, A. L., Sosa-Aguirre, C., Macías-Rodríguez, L. & Campos-García, J. (2012). Ethanol yield and volatile compound content in fermentation of agave must by *Kluyveromyces marxianus* UMPe-1 comparing with *Saccharomyces cerevisiae* baker's yeast used in tequila production. *J. Biosci. Bioeng*, 113, 614–618.

UNVEILING THE BIOGAS POTENTIAL OF RAW AGAVE LEAF JUICE: EXPLORING A NOVEL BIOMASS SOURCE

Maiki S. de Paula¹, Oscar F. Herrera Adarme², Maria Paula C. Volpi², Carla I. Flores-Rodriguez^{2,3}, Marcelo F. Carazzolle¹, Gustavo Mockaitis², Gonçalo A.G. Pereira¹.

¹Laboratory of Genomics and BioEnergy (LGE), UNICAMP, Brazil

²Interdisciplinary Research Group on Biotechnology Applied to the Agriculture and the Environment (GBMA), UNICAMP, Brazil

³Interinstitutional Graduate Program in Bioenergy (USP/UNICAMP/UNESP), Brazil

Corresponding author: goncalo@unicamp.br; +55 1999223-4316

Palabras clave: Agave, biogas, anaerobic digestion

Introduction. Agave is notable for its high sugar content, water-efficient CAM metabolism, and ability to grow in arid, non-food areas. While mainly used for fiber and beverages, agave produces large residues like bagasse and juice that can be converted to methane, though studies on raw agave juice are limited. Given its high productivity and suitability to Brazil's Northeast, fully exploiting agave's biofuel potential could boost the circular economy, support NETzero goals, and promote sustainable development in the region.

This study evaluated raw agave juice for anaerobic digestion by examining the effects of substrate concentration and nutrient supplementation on methane production, and the energy balance to assess its biofuel viability.

Methods. *Agave sp.* IAC4 juice was used as substrate in BMP assays at three concentrations (0.5, 2.5, 5 gVS/L with and without nutrients, maintaining a 2:1 S/I ratio). Methane production was modeled using a modified Boltzmann model, and TBMP was estimated via modified Buswell's formula. An energy balance for the supplemented condition calculated net surplus energy, accounting for juice yield and CHP efficiency.

Results and discussion. Micronutrient supplementation boosted methane production by over 2-fold (Table 1), likely due to stimulation of methanogens. It also improved the C:N ratio by balancing nitrogen, optimizing conditions for anaerobic digestion. Maintaining the S/I ratio while increasing substrate boosted methane production by up to 3.77-fold. Higher methane production values correlated with greater surplus energy (Fig. 1). Previous studies have mainly focused on solid residues from *Agave*, but processing solids requires high energy input, especially for shredding and grinding. Additionally, pretreatment steps for bagasse hydrolysis increase both CAPEX and OPEX. In contrast, raw agave juice bypasses these costly preprocessing stages, resulting in lower equipment and energy requirements. In this context, anaerobic digestion of raw agave juice presents a great advantage to enhance the efficiency of net energy production in agave-based systems.

Table 1. Theoretical, experimental, and modelling data of methane production from *Agave sp.* IAC4 juice.

Parameters	A	B	C	A _n	B _n	C _n
Methane production						
BMP (NmL CH ₄ /gVS)	54.90 ±7.46	34.57 ±1.71	29.87 ±1.46	166.46 ±94.92	559.14 ±0.65	626.97 ±33.20
TBMP (NmL CH ₄ /gVS)	729.92	729.92	729.92	729.92	729.92	729.92
Biodegradability (%)	7.52	4.74	4.09	22.81	76.60	85.90
Boltzmann						
V _{max} (NmL CH ₄ /gVS)	55.25	34.36	29.66	171.72	542.16	625.20
p	0.72	0.04	0.23	0.58	0.05	0.24
t ₁ (day)	0.04	0.03	0.95	0.00	0.00	24.53
t ₂ (day)	1.04	1.41	2.33	66.45	44.47	51.14
r ₁ (NmL CH ₄ /gVS-day)	403.17	27.86	11.31	21.77	9.06	22.76
r ₂ (NmL CH ₄ /gVS-day)	1.15	14.24	13.03	0.51	19.34	7.73
RMSE	0.27	0.51	0.39	3.19	8.10	12.03
NRMSE	0.49	1.48	1.31	1.92	1.45	1.92
AIC	-32.51	-10.79	-19.87	90.94	154.22	181.14
R ²	0.991	0.996	0.999	0.985	0.998	0.996

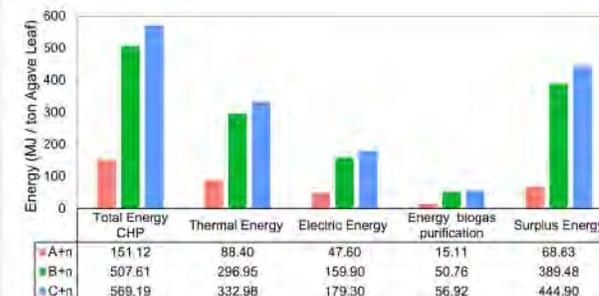


Fig. 1. Energy balance from anaerobic digestion of *Agave sp.* IAC4 juice supplemented with nutrients.

Conclusions. Nutritional supplementation of raw agave juice presents a great advantage to enhance the efficiency of net energy production in agave-based systems.

Acknowledgements. CAPES, Financing Code 001; FAPESP, Process n° 2021/01060-3; ANP in association with Shell Brasil Petróleo Ltda, with investments from the PD&I Clauses, for the Brazilian Agave Development Program (BRAVE) (research agreements 23018-5/22857-7).

References.



PILOT SCALE BIOCONVERSION OF TEQUILA INDUSTRY RESIDUES TO SECONDGENERATION ETHANOL

José García-Béjar, Lorena Amaya-Delgado

Industrial Biotechnology Department, Center for Research and Assistance in Technology and Design of the State of Jalisco, Zapopan, Jalisco, Mexico.

lamaya@ciatej.mx

Keywords: *Agave bagasse, tequila vinasse, biofuels*

Introduction. The tequila industry is one of the most important agroeconomic sectors in Mexico. As is common in industrial production processes, the generation of co-products is unavoidable. In the tequila industry, agave bagasse and tequila vinasse represent two of the most prominent residues. In the absence of well-defined regulations for the disposal of these wastes, their management remains suboptimal [1]. Consequently, the environmental impact associated with the tequila industry represents a critical issue that must be urgently addressed. Second-generation ethanol offers a sustainable approach for the full utilization of biomass resources. In biorefinery processes, lignocellulosic biomass undergoes a series of unit operations, such as pretreatment, enzymatic hydrolysis, and fermentation [2], to be transformed into ethanol. The objective of the present research is the complete integration of waste from the tequila industry (agave bagasse and tequila vinasse) to produce cellulosic ethanol at pilot scale.

Methods

1. Pretreatment of agave bagasse

Pretreatment was carried out in a 200 L stainless steel reactor. Pretreatment conditions were 10% w/w solids, 3.8% w/w sulfuric acid, at 121 °C for 12 min. Tequila vinasse was employed as processing water.

2. Enzymatic hydrolysis at high solids loading

The pretreated solids were subjected to enzymatic hydrolysis, using the enzyme preparation Cellic® CTec 3 (Novozymes, Denmark). The working mass was 30 kg, with a solid concentration of 30% w/w. First, three stages of prehydrolysis (feed 1, 2 and 3) were carried out in a 30 L horizontal shaft reactor. After 48 h, the three prehydrolyzed sludges were fed to a 30 L vertical reactor. The operating conditions were 50 °C, pH 5.0-5.2, with constant stirring.

3. Fermentation of enzymatic hydrolysates

The enzymatic hydrolysate was conditioned for further fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* yeast. Fermentation conditions were 38 °C, 100 rpm, 48 h. No solid removal or detoxification steps were applied to the enzymatic hydrolysate.

Results and discussion

Figure 1 shows the kinetic profile of sugar release during enzymatic hydrolysis at high solids loading.

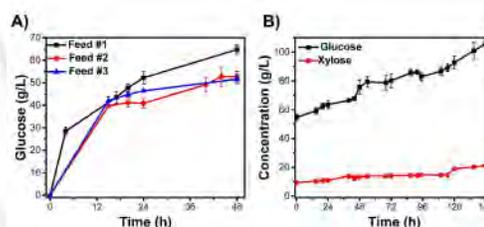


Fig. 1. Sugar accumulation in A) Horizontal reactor by three feedings. B) Vertical reactor

The three solids' feedings yielded a glucose concentration of 56.4 ± 7.3 g/L glucose, and a xylose titer of 21.0 ± 2.3 g/L. On the other hand, the accumulation of sugars in the reactor allowed a total of 106.0 ± 0.3 g/L of glucose and $21.0 + 1.0$ g/L of xylose, giving a total of 127.2 g/L of fermentable sugars (55.2% cellulose hydrolysis in the pretreated agave bagasse). Sugars derived from the enzymatic hydrolysate were utilized to produce cellulosic ethanol under challenging conditions (Figure 2).

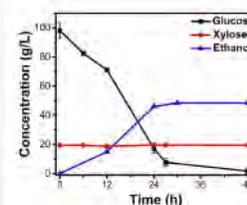


Fig. 2. Fermentative profile of *S. cerevisiae* in high-solid loading enzymatic hydrolysate

The maximum ethanol titer was 48.44 ± 0.33 g/L observed at 24 h of fermentation, without an apparent lag phase.

Conclusions. The by-products of the tequila industry represent a viable and sustainable feedstock for bioenergy generation within technologically advanced systems.

References

1. Alemán-Nava, G. S. et al. (2018). Biotechnological revalorization of Tequila waste and by-product streams for cleaner production – A review from bio-refinery perspective. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3713–3720.
2. Palomo-Briones, R. et al. (2018). Agave bagasse biorefinery: processing and perspectives. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(7), 1423–1441.

FITOQUÍMICOS ANTIOXIDANTES DE BAGAZO DE AGAVE OBTENIDOS POR MÉTODOS VERDES DE EXTRACCIÓN

Edna Eugenia García Ávila, Sandra Victoria Ávila Reyes, Brenda Hildeliza Camacho Díaz, Martha Lucía Arenas Ocampo. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, Km 6, Calle CEPROBI No. 8, Yautepec, Morelos C.P. 62731. Tel. (735)3942020 ext. 82536, mlarenas@ipn.mx

Palabras clave: compuestos bioactivos, disolventes verdes, residuos de agave

Introducción. El *Agave angustifolia* Haw. es una de las variedades más utilizadas para la obtención de bebidas destiladas como el mezcal y otros procesos como la obtención de fructanos. Durante su procesamiento se generan diferentes residuos incluyendo el bagazo que representa el 40% del peso total de la planta. Por su composición fitoquímica (celulosa, hemicelulosa, lignina, flavonoides, fitosteroles, entre otros) se considera una fuente rica de compuestos bioactivos con potencial nutracéutico y farmacológico. Estos compuestos poseen actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, etc. lo que los hace valiosos para su aplicación en el campo cosmético, farmacológico y alimenticio. En este contexto, es importante desarrollar estrategias de revalorización de este subproducto en conjunto con el uso de disolventes verdes que sean amigables con el medio ambiente.

El objetivo de esta investigación fue obtener compuestos fitoquímicos con capacidad antioxidante del bagazo de *Agave angustifolia* Haw. con Disolventes Eutécticos Profundos Naturales (NADES) como técnica verde.

Métodos. El bagazo de *Agave angustifolia* Haw. se recolectó, secó, molió y tamizó para su análisis. La extracción de fitoquímicos se realizó mediante ultra sonicación y 7 diferentes sistemas NADES a base de cloruro de colina y prolina en combinación con ácidos orgánicos y dioles. Los resultados obtenidos se analizaron mediante cromatografía de capa fina de alta resolución (HPTLC) y la evaluación de la actividad antioxidante se realizó por el método DPPH por UV-vis [1].

Resultados y discusión. El análisis cualitativo por TLC (figura 1) reveló la eficacia de extracción de compuestos bioactivos del bagazo mediante NADES al presentar bandas características naranjas/ amarillas que pueden estar relacionadas con compuestos como flavonoides o ácidos fenólicos que ya han sido identificados en este residuo [2]. En términos de la actividad antioxidante (tabla 1), los extractos obtenidos con NADES a base de prolina y ácidos orgánicos presentaron los valores de inhibición más altos que pueden estar asociados a una mayor extracción de compuestos antioxidantes y que son relevantes ya que reflejan una alta capacidad para neutralizar radicales libres.

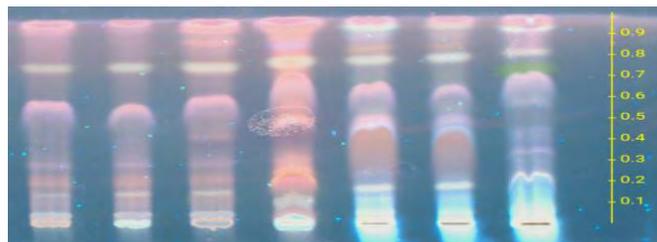


Fig. 1. Derivatización de compuestos antioxidantes. Fase móvil: diclorometano – metanol (9.5: 0.5). Revelador: 4-hidroxybenzaldehído, UV 366 nm. Bandas 1 a 4: extractos a base de cloruro de colina y dioles y bandas de 5 a 7: extractos a base de prolina y ácidos orgánicos

Tabla 1. % de inhibición de extractos de bagazo con NADES por DPPH

No.	Disolvente	% inhibición
1	ChCl-1,2PD(1:2)	21.335 ± 4.81 ^{bc}
2	ChCl-1,2PD(1:3)	21.769 ± 3.34 ^{bc}
3	ChCl-1,4BD (1:2)	13.869 ± 9.16 ^{cd}
4	ChCl-1,4BD(1:3)	13.720 ± 1.29 ^{cd}
5	Pro-LevA (1:2)	76.129 ± 1.44 ^a
6	Pro-LevA (1:3)	30.867 ± 1.77 ^b
7	Pro-LacA (1:1)	74.306 ± 2.19 ^a

ChCl: cloruro de colina, 1,2PD: 1,2 propanodiol, 1,4BD: 1,4 butanodiol, Pro: prolina, LevA: ácido levulínico, LacA: ácido láctico.

Conclusiones. La extracción de compuestos fitoquímicos antioxidantes del bagazo de Agave con NADES es una alternativa a los métodos de extracción convencionales

Agradecimientos. Al CONAHCYT, por el financiamiento otorgado mediante la beca 843710.

Referencias.

- Ivanović, M. (2022). Extraction of Bioactive Metabolites from *Achillea millefolium* L. with Choline Chloride Based Natural Deep Eutectic Solvents: A Study of the Antioxidant and Antimicrobial Activity. *Antioxidants*, 11(4), 724.
- Álvarez, J. (2021). Agave By-Products: An overview of Their Nutraceutical Value, Current Applications, and Processing Methods. *Polysaccharides*. 2(3), 720-743.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL Y ALCOHOLES SUPERIORES DE TRES LEVADURAS

Katuska Mireya López Siordia^a y Lorena Amaya Delgado^a

^aBiología Industrial, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ). Camino Arenero #1227, 45019, Col. El Bajío del Arenal, Zapopan, Jalisco, México, (33) 3345 5200, kalopez_al@ciatej.edu.mx

Palabras clave: *Saccharomyces cerevisiae*; *No-Saccharomyces*; *Alcoholes superiores*

Introducción. El bagazo de agave azul es un residuo agroindustrial abundante en la región de denominación de origen del tequila, que puede ser utilizado en la producción de bioetanol por medio de fermentación microbiana. Se ha reportado que algunas levaduras *No-Saccharomyces* pueden producir etanol junto con otros compuestos volátiles como los alcoholes superiores, cuya presencia es deseable en los biocombustibles ya que presentan varias ventajas sobre el bioetanol [1]. Los alcoholes superiores son generados por las levaduras a partir de la síntesis o la degradación de aminoácidos [2], a través de la transformación de los cetoácidos [3].

Con el objetivo de evaluar la capacidad fermentativa de las levaduras *Pichia kluyveri* (MGL7), *Kluyveromyces marxianus* (OFF1) y *Saccharomyces cerevisiae* (ERD) para producir bioalcoholes, se llevaron a cabo cinéticas de crecimiento en medio YPD. En etapa subsecuente se valorará el desempeño de dichas levaduras en hidrolizados ácido enzimático de bagazo de agave.

Métodos. La preparación de inóculos, así como las cinéticas de crecimiento se realizaron en medio YPD (10 g/L de extracto de levadura, 20 g/L de peptona y 30 g/L de glucosa), incubando en condiciones aerobias con 200 rpm de agitación, a 32 °C para *S. cerevisiae*, 30 °C para *P. kluyveri* y 37 °C para *K. marxianus*. Las cinéticas se realizaron por duplicado durante 24 h, tomando muestras de forma periódica. En cada muestreo se midió la densidad óptica y se realizó el conteo celular. Después se analizaron los azúcares reductores por la técnica DNS y por HPLC. También se determinó biomasa peso seco y por cromatografía de gases se cuantificaron los bioalcoholes. En la siguiente etapa de experimentación, el bagazo de agave será pretratado con ácido sulfúrico al 2% v/v, a 121 °C por 15 min, se recuperarán los sólidos y se hidrolizarán con enzima celulasa durante 48 h a 50 °C, para evaluar la producción de alcoholes por las 3 levaduras.

Resultados y discusión. Considerando cinéticas de crecimiento de primer orden (Figura 1), se calcularon para cada levadura la tasa de crecimiento específica (μ) y el tiempo de duplicación (td) (Tabla 1), además se cuantificaron los bioalcoholes producidos (Tabla 2).

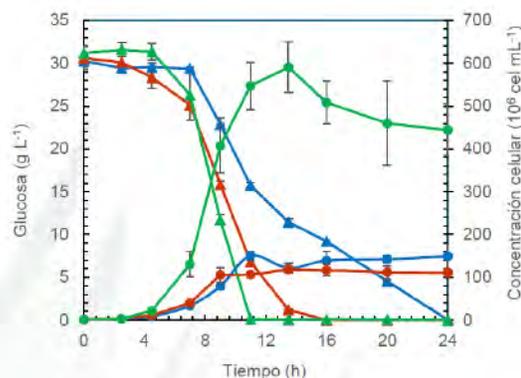


Figura 1. Crecimiento microbiano (puntos) y consumo de azúcares (triángulos) en cinéticas de *S. cerevisiae* (rojo), *P. kluyveri* (azul) y *K. marxianus* (verde). La barra en cada marcador significa \pm la desviación estándar. $n=4$.

Tabla 1. Parámetros cinéticos

Levadura	μ (h ⁻¹)	td (h)
<i>S. cerevisiae</i>	0.5143	1.35
<i>P. kluyveri</i>	0.5119	1.35
<i>K. marxianus</i>	0.7830	0.89

Tabla 2. Bioalcoholes (mg L⁻¹) al final de las cinéticas. $n=2$

Levadura	n-Butanol	Isobutanol	Alcohol isoamílico	Etanol
<i>S. cerevisiae</i>	0.000	51.169 \pm 1.519	106.551 \pm 0.939	12,729 \pm 274
<i>P. kluyveri</i>	10.395 \pm 0.182	88.812 \pm 8.474	35.890 \pm 3.508	10,958 \pm 476
<i>K. marxianus</i>	0.000	51.851 \pm 1.380	152.583 \pm 3.727	12,353 \pm 342

Conclusiones. Los resultados obtenidos en YPD sugieren la viabilidad de las levaduras *No-Saccharomyces* para la producción de bioetanol enriquecido en alcoholes superiores, en cuya biosíntesis intervienen diferentes rutas metabólicas donde aún se desconocen enzimas que podrían estar involucradas. Esto abre la posibilidad de obtener otro tipo de alcoholes en medios más complejos como son los hidrolizados ácido enzimático de bagazo de agave.

Referencias.



BIOCHAR DERIVADO DE BAGAZO DE AGAVE, UNA ALTERNATIVA HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR

Montserrat López-Covarrubias¹ y Oscar Aguilar-Juárez^{2*}

¹Ingeniería en Nanotecnología, CUTONALÁ, Universidad de Guadalajara, Tonalá, Jalisco, México

²Unidad de Tecnología Ambiental, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal, 44270, Guadalajara, Jalisco, México

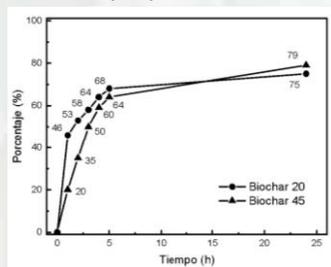
*Autor de correspondencia: oaguilar@ciatej.mx; Tel.: 52 (33)33.45.52.00

Palabras clave: Biochar, Bagazo de agave, Adsorción

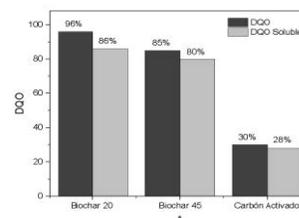
Introducción. La necesidad de soluciones sostenibles en la industria tequilera es fundamental para el bienestar de la región. Con el objetivo de contribuir a la economía circular del sector, se evaluó el biochar de bagazo de agave como adsorbente de compuestos fenólicos de las vinazas (López et al., 2023), además del potencial adsorbente de substratos complejos, con resultados prometedores (Medina et al., 2025). Una vez cumplida su función adsorbente, la composta del biochar agotado, puede favorecer la fertilidad del suelo (Alonso et al., 2016).

Métodos. Se realizaron pruebas de adsorción en columna, determinación de DQO, fenoles totales (técnica de Folin-Ciocalteu), flavonoides totales, y caracterización del biochar incluyendo microscopía electrónica, difracción de rayos X, espectroscopía y microscopía de fuerza atómica.

Resultados y discusión. Como resultado de pruebas iniciales en agua sintética, la siguiente figura muestra el porcentaje de remoción de azul de metileno de dos materiales obtenido en el laboratorio mediante pirólisis de bagazo de agave durante 20 y 45 minutos a 250 °C, "biochar 20" y "biochar 45", respectivamente. Efectivamente, es un producto con propiedades adsorbentes.



En muestras de vinaza tequilera la siguiente figura muestra un comparativo de la DQO y DQO soluble remanente entre el biochar sintetizado a 20 minutos, a 45 minutos; y un carbón activado comercial, es decir, el carbón activado remueve el 70% de la DQO inicial. Asimismo el carbón activado remueve el 98% de compuestos fenólicos y el 75% de flavonoides, mientras que el "biochar 20" remueve el 28 y 6.5%, respectivamente.



Conclusiones. El biochar derivado de bagazo de agave es una alternativa versátil que puede contribuir a una economía circular puesto que en base a los resultados, con un bajo costo energético de fabricación, se reduce la masa del bagazo y puede fungir como adsorbente de posibles tóxicos en la vinaza, sin remover fermentables y potencialmente aumentar la producción de biogás y composta.

Agradecimientos. Proyecto Ciencia de Frontera CF 2019 – 2095609 "Modificación enzimática y/o quimioenzimática de la queretina recuperada de vinazas de tequila y bagazo de agave residual para elevar su biodisponibilidad como potencial fármaco contra las enfermedades de mayor incidencia en México".

Referencias.

- López-Covarrubias, M., & Aguilar-Juárez, O. (2023). Tratamiento de vinazas tequileras a partir de biochar derivado de bagazo de agave. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 2(1), 327–333. <https://doi.org/10.56845/terys.v2i1.374>
- Medina-Esparza, W. N., Aguilar-Juárez, O., Gómez-Salazar, S., Morán-Salazar, R., López-Covarrubias, M., Leal-Quezada, L. O., Del Real-Olvera, J., & Reyes-Gómez, V. M. (2025). Efficiency of a New Biochar Made from Agave Bagasse to Remove Conventional Pollutants in Samples from Laguna de Bustillos, Chihuahua, Mexico, and Pharmaceutical Derivatives in Synthetic Water. *Processes*, 13(6), 1861. <https://doi.org/10.3390/pr13061861>
- Alonso Gómez, L., Cruz Dominguez, A., Jiménez Madrid, D., Ocampo Duran, Álvaro, & Parra González, S. (2016). Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 341–349. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.8>

HIDRÓLISIS ÁCIDA ASISTIDA POR MICROONDAS DE FIBRAS DE HOJAS DE *Agave durangensis*

Diego Othoniel Manzanera Gallegos, Javier López Miranda*, Juan Antonio Rojas Contreras, Perla Guadalupe Vázquez Ortega, Damián Reyes Jáquez, Manuel Agustín Pérez Ricárdez. Posgrado en Ingeniería Bioquímica. TecNM/I.T. Durango. Felipe Pescador 1803, Nueva Vizcaya, 34080 Durango, Dgo., México, Tel. 6181174768, correo electrónico: jlopez@itdurango.edu.mx

Palabras clave: Hidrólisis ácida, Microondas, Fibras de agave

Introducción. Por su elevado contenido de celulosa (40 %), las fibras de las hojas de agave pueden utilizarse como materia prima para la obtención de glucosa [1]. El uso de microondas favorece la hidrólisis química de la celulosa, debido a que las microondas incrementan la velocidad de las reacciones químicas con un menor gasto energético [2]. Por ello el presente trabajo tiene como objetivo demostrar que los rendimientos de hidrólisis ácida de fibras de celulosa provenientes de hojas de agave, en un dispositivo de microondas dependen de la relación m/V (Fibra/Catalizador) y tiempo de hidrólisis.

Métodos. Las hojas de *Agave durangensis* lavadas y oreadas se escaldaron a 50 °C durante 20 min. Se les retiró la cutícula y la epidermis. Se cortaron en tiras de 2 cm de ancho y se exprimieron en una prensa de rodillos. se le retiraron los residuos de epidermis, se cortaron y secaron durante 72 h a 60 °C. La determinación del efecto de la relación Fibra/Catalizador y tiempo de hidrólisis se realizó mediante un diseño central compuesto con cinco puntos centrales. La hidrólisis se realizó mezclando 100 mL de H₂SO₄ al 7.5 % V/V con la fibra seca (Tabla 1) en un equipo de microondas a 750 W. La fracción líquido del hidrolizado se neutralizó a pH 4 con NaOH 4M, se filtró y se determinó su contenido de azúcares reductores por el método de DNS [3].

Resultados y discusión. La Tabla 1 muestra que la relación Fibra/Catalizador tienen un mayor efecto sobre la concentración de azúcares (g/L) (Eq 1) y que el rendimiento Azúcar/Fibra (g/Kg) es mayor a tiempos cortos y bajas relaciones Fibra/Catalizador. Comparando los rendimientos (19.09 g/L en 8 minutos de hidrólisis) con los reportados (37.35 g/L a 121 °C, con 1% de H₂SO₄ %V/V y 60 min en gabazo de hoja de agave) [1]. Como se observa, la concentración de azúcares obtenida es la mitad de la reportada en la literatura, pero los azúcares obtenidos en el presente trabajo se obtuvieron en un tiempo 7.5 veces menor.

El análisis de varianza muestra que, tanto el tiempo de hidrólisis como la relación Fibra/catalizador influyen significativamente en los rendimientos de hidrólisis (Tabla 2).

Tabla 1. Resultados del Diseño central compuesto

Tiempo (min)	Relación (% m/V)	Azúcares reductores (g/L)	Rendimiento azúcar/fibra (g/Kg)
11.00	3.00	8.69	69.55
5.00	3.00	5.62	134.92
8.00	5.00	12.24	120.00
8.00	7.83	19.09	90.21
12.24	5.00	15.51	89.95
8.00	5.00	12.18	124.20
5.00	7.00	11.68	86.78
8.00	2.17	4.02	118.40
3.76	5.00	10.96	120.51
11.00	7.00	18.87	53.91
8.00	5.00	12.35	126.01
8.00	5.00	12.22	124.62
8.00	5.00	12.03	120.25

Tabla 2. Análisis de varianza

	A.R. (g/L)	Y A/F (g/Kg)
R2	0.9653	0.8470
p Tiempo (A)	0.001	0.006
p Fibra/ácido (B)	< 0. 000	0.025

A.R: Azúcares reductores; Y A/F: Rendimiento; p: Valor de significancia (p < 0.05: Significativo).

A.R (g/L) = 0.54 - 0.553 (A) + 2.52 (B) +0.0245 (A²) - 0.155 (B²) +0.1714 (A*B)

Conclusiones. La relación Fibra/Catalizador influye notablemente en el incremento de la concentración de azúcares en el hidrolizado, mientras el tiempo de hidrólisis actúa en contrario, ya que reduce el volumen de catalizador y con ello el rendimiento azúcar/fibra.

Agradecimientos. Al TecNM-ITD por facilitar sus instalaciones, a la SECIHTI por la beca otorgada y a la empresa Origen Raíz por permitirnos coleccionar la materia prima en sus instalaciones.

Referencias.



EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE LIGNINA A PARTIR DE BAGAZO DE AGAVE

Jacobo Pérez Barragán¹, Elizabeth León-Becerril^{1*}, Jesús Mario Santiago García¹, Ramiro Vallejo Rodríguez¹

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal, 44270. Guadalajara, Jalisco, México

Autor de correspondencia: eleon@ciatej.mx

Palabras clave: Residuos tequileros, valorización, nanopartículas

Introducción. Los nanomateriales como las nanopartículas (NP) pueden agregar un valor significativo a los productos de uso industrial y de consumo. En este sentido, la producción de NP a partir de biomateriales se promueve como una estrategia prometedoras que limita los riesgos ambientales y de salud. La lignina es el material aromático renovable más abundante en la Tierra. Es uno de los principales componentes de las paredes celulares de las plantas y puede ser extraído de subproductos y residuos de biomasa. En 2021, la generación de bagazo de agave (BA) a partir de la producción de tequila, alcanzó los 0.7 millones de toneladas [1]. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar dos técnicas simples (ultrasonificación y precipitación ácida) para la producción de nanopartículas a base de lignina alcalina a partir de BA como ruta alternativa de valorización de este residuo.

Métodos. El BA fue caracterizado en función a su contenido de lignina total. Para la extracción de lignina a partir del material, se llevó a cabo un tratamiento alcalino (NaOH 5% en relación 1:10, 250 rpm, 98°C, 1 hora). Una vez obtenido un licor negro rico en lignina, esta fue precipitada mediante la adición de H₂SO₄ hasta alcanzar un pH aproximadamente de 2. El precipitado obtenido se secó a 60°C por 24 horas y fue caracterizado por FTIR. Para la obtención de nanopartículas se siguieron las metodologías descritas por [2] y [3] para el método de precipitación ácida y ultrasonificación, respectivamente. La formación de nanopartículas fue corroborada mediante medición de tamaño y variación mediante Zetasizer.

Resultados y discusión. El método de extracción de lignina permitió una recuperación de 0.06 g de lignina/g de BA, lo que corresponde a una recuperación aproximadamente del 32% de la lignina total contenida en el material. El espectro obtenido por FTIR confirmó que la extracción fue adecuada mostrando picos específicos para la lignina (datos no mostrados). La Fig. 1. muestra los respectivos diagramas obtenidos por la medición en Zetasizer para los sistemas por ultrasonificación (a) y precipitación (b).

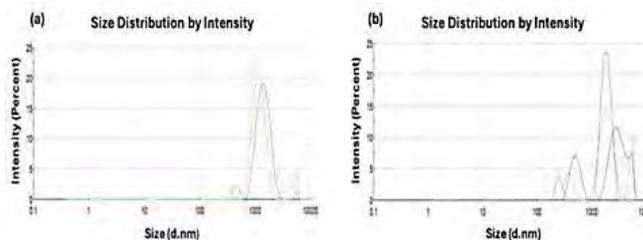


Fig. 1. Diagramas Zetasizer. (a) ultrasonificación, (b) precipitación ácida

La ultrasonificación produjo NP con un diámetro promedio de 1769 nm y una distribución bimodal, destacando un pico principal a 1442 nm (93.5%) y uno secundario a 457.8 nm (5.1%), lo que sugiere la presencia de nanoesferas individuales en baja proporción y una distribución más homogénea (Pdl = 0.345) que la obtenida por el método ácido. Este último mostró un diámetro promedio de 2749 nm con un Pdl de 0.476, reflejando mayor heterogeneidad y predominancia de estructuras micrométricas, aunque también se detectó un pico nanométrico a 254.8 nm (8.5%) que confirma la formación de NP.

Conclusiones. El análisis de dispersión de NP obtenidas mediante ultrasonificación y precipitación ácida demostró que los métodos son viables para la generación de nanoestructuras a partir de lignina de BA, aunque con diferentes eficiencias y grados de aglomeración. En conjunto, los resultados evidencian el potencial de valorización del BA para obtener NP funcionales con aplicaciones prometedoras.

Agradecimientos. Esta investigación fue financiada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI; Proyecto-CF-2023-G648).

Referencias.

1. CRT. (2021). *Consumo de Agave para tequila*. <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>
2. Frangville, C. et al., (2012). Fabrication of environmentally biodegradable lignin nanoparticles. *ChemPhysChem*, 13(18), 4235-4243.
3. Gilca, I.A. et al., (2015) Obtaining lignin nanoparticles by sonication. *Ultrason. Sonochem*, 23, 369–375.

REVALORIZACIÓN DEL BAGAZO DE AGAVE PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS Y SU APLICACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

José Eduardo Rojas Morales¹, Sagnite Ventura Cruz¹, Jesús Ortiz Espinoza², Ana Elisa Alcántara Valladolid³, Luis Antonio Castillo Suárez¹

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Tlanguistenco, carretera Tenango, Santiago – La marquesa km 22, CP52650 Santiago Tilapa, Méx. ²Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY). Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. ³Instituto Interamericano de Tecnologías y Ciencias del Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). Carretera Toluca–Atlacomulco Km 15.5, San Cayetano Morelos, C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México. Cel 7292865293 correo: jose_24201001@test.edu.mx.

Palabras clave: revalorización de materiales, polietileno de alta densidad, pellets

Introducción. En las últimas décadas, el uso de películas plásticas en invernaderos ha aumentado por su eficacia para generar ambientes controlados que mejoran la producción agrícola (2). Estos recubrimientos, elaborados con polímeros como polietileno de alta densidad (HDPE), policloruro de vinilo (PVC), policarbonato (PC) o etileno-acetato de vinilo (EVA), incorporan aditivos que mejoran su desempeño, aunque su disposición final suele ser inadecuada y genera impactos ambientales como microplásticos o emisiones de CO₂ (1). De forma paralela, residuos agroindustriales como el bagazo de agave constituyen un reto ambiental, pero también ofrecen oportunidades de aprovechamiento (2). Esta investigación propone la revalorización de ambos residuos mediante su transformación en pellets, evaluando su potencial en el tratamiento de aguas residuales y aportando una estrategia sostenible basada en principios de economía circular.

Métodos. Se recolectaron 4 diferentes películas usadas de HDPE. Las muestras se etiquetaron como M1, M2, M3 y M4. Posteriormente se trituraron, lavaron y secaron al vacío. Se caracterizaron mediante espectroscopía infrarroja en el rango de 4000-400 cm⁻¹. Adicionalmente se realizaron ensayos mecánicos conforme a la norma ASTM D882. La micro celulosa se obtuvo mediante procesos de tamizado y molienda, y fue caracterizada mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis por difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía FTIR, empleando el método de preparación de pastillas de KBr. Se prepararon mezclas de HDPE con la incorporación de micro celulosa en diferentes porcentajes. Finalmente, las mezclas con 1% de micro celulosa se procesaron por extrusión a 190 °C para obtener los pellets.

Resultados y discusión. En la Tabla 1 se resumen las principales señales IR de las películas M1, M2 y M4 FTIR características del polietileno de alta densidad (HDPE), con bandas prominentes en 2847, 1470 y 717 cm⁻¹. Por su parte, la micro celulosa mostró señales atribuibles a grupos OH (3411 cm⁻¹) y C=O (1735 cm⁻¹), así como un 60 % de cristalinidad, según el análisis DRX. Las micrografías obtenidas mediante SEM revelaron fibras porosas con morfología alargada (Véase Fig.1). Finalmente, se obtuvieron

pellets a partir de las muestras con masas de 59.4, 40.2 y 63.1 g, respectivamente.



Fig. 1. micrografía SEM de celulosa magnificada a 1000X

Tabla 1. Comparación de bandas FTIR de HDPE

Grupo funcional	Experimental (cm ⁻¹)	Literatura (cm ⁻¹)
C-H	2847	2850
C-C	1470	1500
CH ₂	717	700

Conclusiones. Las películas M1, M2 y M4 resultaron compatibles con HDPE. La microcelulosa presentó grupos OH y C=O y 60 % de cristalinidad (DRX), indicando una estructura parcialmente ordenada adecuada para matrices poliméricas. Las micrografías SEM mostraron fibras alargadas y porosas, favoreciendo la dispersión e interacción con el polímero. Además, se obtuvieron pellets por extrusión, demostrando la viabilidad del proceso y el potencial de estos materiales en aplicaciones sostenibles como tratamiento de aguas.

Agradecimientos. Al Centro de Investigación Científica de Yucatán por el apoyo brindado en el desarrollo experimental de esta investigación.

Referencias.



VALORIZACIÓN DE HOJAS DE AGAVE COMO POTENCIAL APLICACIÓN EN LA NUTRICIÓN ACUÍCOLA

Laura Belén Soto Peña, Hervey Rodríguez González*, Claudia Patricia Larralde Corona, Carlos Ligne Calderón Vázquez, Vianey Marín Cevada, Claudia Castro Martínez, Luis Ramiro Caso Vargas

*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa. Bulevar Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Col. San Joachin, en Guasave, Sinaloa, México. hrodriguezg@ipn.mx

Palabras clave: agave, subproducto, valorización biotecnológica

Introducción. En los últimos años, la producción de mezcal en México ha crecido de manera considerable, generando grandes volúmenes de residuos, entre ellos las hojas de agave (1). Este subproducto, contiene en compuestos de interés como fibras solubles, fructanos, azúcares y polifenoles (2), los cuales podrían ser valorizados mediante procesos biotecnológicos para su incorporación en sistemas de alimentación animal y acuícola (3). El objetivo de este trabajo fue determinar la composición química de hojas de agave desechadas de la industria del mezcal, para evaluar su potencial de aprovechamiento en la alimentación animal y acuícola.

Métodos. Se obtuvieron hojas de *A. cupreata*, *A. angustifolia* y *A. potatorum* del estado de Puebla. Luego, se secaron a 50 °C durante 72 horas para realizar la caracterización proximal (proteína cruda, fibra, grasa y cenizas) (4), así como la cuantificación de azúcares totales (fenol-ácido sulfúrico) (5), azúcares reductores (DNS) (6), contenido de fructanos (7) y determinación de antinutrientes: ácido fítico (8), saponinas (9) e inhibidores de tripsina (10).

Resultados y discusión. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies. En la tabla 1 se muestra el contenido proximal de las 3 hojas de agave. El contenido de azúcares totales y reductores se observan en la Figura 1. En cuanto al contenido de factores antinutricionales *A. potatorum* presentó el mayor contenido de inhibidores de tripsina (20.54 ± 0.42 UIT/mg) y saponinas (36.94 mg/g), mientras que *A. angustifolia* a mostró mayor contenido de ácido fítico (1.75 ± 0.07 EAF/mg) (Tabla 2). Aunque estos compuestos se consideran antinutricionales, estudios reportan que en niveles bajos ($\leq 5\%$ en la dieta), no representan riesgo para la alimentación acuícola (11,12,13).

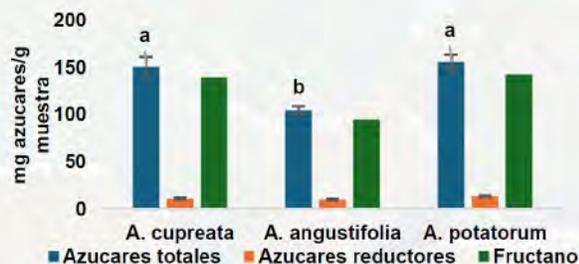


Fig. 1. Contenido de carbohidratos de las hojas de agave

Tabla 1. composición química proximal de las hojas de agave

Determinación (%)	Especies de agave		
	<i>Cupreata</i>	<i>Angustifolia</i>	<i>Potatorum</i>
Humedad	5.33 ± 0.29 ^a	4.82 ± 0.07 ^a	3.54 ± 0.11 ^b
Cenizas	14.69 ± 0.18 ^a	12.82 ± 0.17 ^b	13.23 ± 0.34 ^b
Proteína	4.12 ± 0.88	4.16 ± 0.93	4.25 ± 0.80
Lípidos	4.57 ± 0.09 ^a	4.17 ± 0.19 ^a	3.30 ± 0.03 ^b
Fibra	19.28 ± 0.33 ^a	13.34 ± 0.53 ^b	12.22 ± 0.47 ^b
ELN ¹	57.35	65.51	67.00

Los valores se presentan como media ± desviación estándar (n=3). Diferentes letras indican diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

¹Extracto libre de nitrógeno

Tabla 2. Valores del contenido de factores antinutricionales en hojas de agave

Agave	Inhibidores de tripsina (UIT/mg)	Saponinas (mg saponinas/g)	Ácido fítico (mg EAF/g)
<i>Cupreata</i>	12.48±0.50 ^b	29.23±6.61	1.56±0.01 ^b
<i>Angustifolia</i>	10.82±0.58 ^c	22.13±1.96	1.75±0.07 ^a
<i>Potatorum</i>	20.54±0.42 ^a	36.94±2.86	1.42±0.02 ^c

Los valores se presentan como media ± desviación estándar (n=3). Diferentes letras indican diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Conclusiones. Las hojas de agave muestran un perfil químico con potencial para ser utilizado en la alimentación acuícola. Su uso en proporciones bajas permitiría aprovechar un residuo agroindustrial, reduciendo el impacto ambiental.

Referencias.



EL METEPANTLE: PLATAFORMA PARA MICRO REFINERÍAS DEL AGAVE PULQUERO

Gustavo Viniegra-González*, Nayeli A. Martha-Lucero*, Alma E. Cruz-Guerrero*, Araceli Mendoza-Chávez**, Fortino Chávez-Sánchez**, Gilberto Hernández-Cárdenas*, Ernesto Favela-Torres*.

*Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Rafael Atlixco, # 186. Col. Leyes de Reforma Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257, viniuami@gmail.com.

**Magueyal, Sujeto y Comunidad A.C. San Antonio Sabanillas, Cardonal, Hidalgo.

Palabras clave: agave-pulquero, aprovechamiento integral, micro refinerías

Introducción. Se propone un diagrama de los metepantles como micro refinerías del agave pulquero que integran el uso combinado de la tierra y requieren innovación en los rubros de: a) Equipamiento, b) Procesamiento alternativo del aguamiel, c) Aprovechamiento integral de las hojas y d) Complementación con la milpa. Se presenta el diagrama de flujo y se incluyen los balances de biomasa y ventas.

Métodos. Este trabajo se sustentó en: a) Participación en foros y reuniones con productores [1], b) Teledetección de cultivos [2], c) Encuestas de mercado, d) Desarrollo de innovaciones para los derivados del agave [3] y d) Análisis de la literatura sobre la multifuncionalidad de los metepantles [4] y la milpa tradicional [5]

Resultados y discusión. En la Fig. 1 y la Tabla 1 se muestra el diagrama y las comparaciones entre la milpa (A) y el metepantle (B).



Fig. 1. Diagrama de un metepantle

La Tabla 1 muestra que el cultivo combinado de agaves y milpa (B) permite un aumento apreciable en la productividad física, medida en Mg (ton) de materia seca (MS) por hectárea y sobre todo en las ventas, aun cuando los precios pagados sean la mitad de los usuales. Este modelo también contempla el aprovechamiento de los residuos agrícolas del cultivo de maíz integrándose al ensilado combinado con los residuos de agave para potenciar su valor forrajero lo que contribuye al manejo sustentable de recursos.

Los precios más sensibles por optimizarse son de: las arvenses (quelites), el aguamiel y sus derivados. Los estudios que soportan la innovación en el uso del aguamiel, el ixtle y los forrajes. Así como la teledetección de los metepantles serán presentados por separado en este Simposio.

Tabla 1. Balance comparativo de una hectárea de milpa (A) o de metepantle (B)

Sistema	Mg (MS)	Ventas (K\$)
Milpa (A)	6.0 (100%)	83 - 142
Metepantle (A +B)	7.4 (123%)	108 - 250

Conclusiones. 1) El sistema tradicional del metepantle es una micro refinería productora de grano, bebidas, fibra y forrajes que ofrece a los campesinos un ingreso anual similar o superior a 3 salarios mínimos nacionales (\$100,368.00).

2) El balance económico, puede optimizarse si se desarrollan y difunden procesos con mayor valor agregado para los derivados del aguamiel y del ixtle.

Agradecimientos. GVG disfrutó de una licencia sabática de la UAM para el desarrollo de este estudio.

Referencias.

- Viniegra-González G (2025). *Alternativas de valor para el maguey pulquero. 4ª Jornada Biocultural Y Sustentable del Maguey. Rancho La Gaspareña, Singuilucan Hgo. 23 de marzo.* <https://www.facebook.com/watch/?v=1289860112083880>
- Hernández G. et al. (2022) Comparative landscape analysis of a traditional agave system. *Internat. Symp. Agave. CIATEJ. Mérida, Yuc. 28 marzo.*
- Viniegra-González, G. y Ortega-Sánchez, E. (2025) Nuevos usos para el agave pulquero. *Biognosis, 2(1).* <https://doi.org/10.29267/biognosis2025.2.1.8-14>.
- Hernández-Archundia, D. (2021). *Aporte de la multifuncionalidad a la sostenibilidad de la agricultura familiar en México.* Tesis doctoral. Univ. Aut. Chapingo.
- González-Amaro, R. M., et al. (2009). Crop and non-crop productivity in a traditional maize agroecosystem of the Highland of Mexico. *J. Ethnobiol. Ethnomed, 5(38): 1-9.*



Temática 5

Patrimonio biocultural y denominaciones de origen

- Aspectos etnobotánicos
- Aspectos socioculturales
- Aspectos económicos
- Aspectos normativos





Título de conferencia: La importancia de la conservación de agaves silvestres para preservar tradiciones: el caso específico del *Agave marmorata*

Dra. Graciela Angeles Carreño

Formo parte de la cuarta generación de productores de mezcal en mi familia. De formación soy comunicóloga (IESO), e hizo la maestría en sociología con atención al Desarrollo Regional (IISUABJO) y el Doctorado en Desarrollo Rural (UAM-X).

Desde 2008 llevo la dirección general de Mezcal de los Angeles, así como la responsabilidad de la producción y la comercialización con ayuda de mi hermano Edgar y mis hermanas Miriam y Adriana, al tiempo que soy madre de dos hijos, por lo que mi vida la comparto entre los magueyes, la maternidad y el amor a la naturaleza. Además de 2 proyectos impulsados y financiados por la cooperativa familiar: PROYECTO LAM y la Biblioteca el Rosario.

El reto más grande que tengo ante mí, es ser una mujer que convive en un ámbito vedado anteriormente a las mujeres, ser una evangelizadora del mezcal y representar a la nueva generación de mezcalilleras.... Las mujeres de mezcal.



Título de conferencia: Agave y Territorio: Conservación Biocultural Frente al Desafío Normativo y Ambiental

Dr. Ignacio Torres García

Estudió la carrera de Biología en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y obtuvo su Maestría y Doctorado en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad dentro del Posgrado de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó una estancia posdoctoral en la ENES Morelia de 2017 a 2019. Ha colaborado con ONG's y asociaciones campesinas mezcaleras en el Proyecto de la Red Nacional de Manejadores de Maguey Forestal, proyecto que involucra el intercambio de saberes campesinos y la difusión de técnicas de manejo in situ de especies de agave mezcaleras utilizando técnicas participativas. Es profesor de la Licenciatura en Ciencias Agroforestales de la ENES UNAM Campus Morelia, asociado al Laboratorio de Estudios Transdisciplinarios Ambientales y pertenece a la Red Temática de Sistemas Agroforestales de México. Es parte del Consejo Técnico Académico de la Red Temática de Productos Forestales No Maderables del CONACyT.



Título de conferencia: La propiedad intelectual: clave para impulsar la innovación y el desarrollo de productos en el mercado

MPI. Lorena N. González Pacheco

Licenciada en Derecho y Ciencias Sociales Facultad de Derecho y Criminología Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Maestra en Propiedad Intelectual e Industrial Universidad de Barcelona y la Escuela de Administración de Empresas en España

Maestría en Administración de Organizaciones con Orientación en Innovación Tecnológica Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica | UANL.

Facilitadora de Propiedad Industrial para países miembros del APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation) Korean Intellectual Property Office (KIPO) Korean Invention Promotion Association (KIPA). Consultora legal independiente en Propiedad Intelectual Actualmente es responsable del área de Propiedad Industrial y Variedades Vegetales Oficina de la Abogacía General | Universidad Autónoma de Nuevo León Forestales No Maderables del CONACyT.

CAÍDA DE PRECIOS EN EL MERCADO DEL *Agave tequilana* Weber: EL IMPACTO EN VIABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA

Rodolfo Santos Lavalle*, Luis Alberto Reyes Domínguez. Universidad Para el Bienestar Benito Juárez García, camino Presa de San Onofre # 21, Ayotlán, Jalisco, México. * rsantos@ciestaam.edu.mx

Palabras clave: ingresos, costo desembolsable, costo de oportunidad

Introducción. En tan solo tres años, la producción de tequila en México se duplicó, al pasar de 156.2 millones de litros en el 2020 a 300.2 millones para el 2023 [1]. Para elaborar esta bebida se utiliza el *Agave tequilana* Weber, Jalisco es el principal productor dentro de las regiones con Denominación de Origen Tequila (DOT) y en el 2023 género 1,268,502.4 toneladas [2]. En la entidad, las plantaciones se incrementaron considerablemente, debido al aumento en los precios del agave que alcanzó los \$28.00 en el 2021, ocasionando una sobre oferta y en consecuencia una caída de precio de hasta \$2.00 pesos en el año 2025. Históricamente, como resultado de las variaciones en la oferta y la demanda, el mercado del agave ha presentado cierta volatilidad en el precio, que afecta directamente los ingresos de los productores y la operación de la actividad [3].

Con base en lo anterior, se planteó cuantificar costos e ingresos en la producción de agave, utilizando la técnica de panel de expertos para determinar la viabilidad financiera y económica, ante la disminución de los precios de mercado.

Métodos. La investigación se realizó de febrero a mayo de 2025 en el municipio de Ayotlán, Jalisco. Se utilizó la técnica de panel de productores expertos [4] y se modeló una Unidad Representativa de Producción (URP) de 5 hectáreas que se estableció en 2019, con una densidad de 3,333 plantas por hectárea y un ciclo de producción de 6 años. La información recabada permitió calcular el ingreso total, el Costo de Producción Desembolsado (CDES), el Costo Financiero (CFIN) y el Costo Económico (CEC), con esto se estimó el flujo neto de efectivo, viabilidad financiera y económica en la producción de agave.

Resultados y discusión. El ingreso se generó principalmente por la venta de hijuelos (54.55%), cada planta produjo 3 y se vendieron a \$16.00 cada uno, se complementó con la venta de las piñas (45.45%) que pesaron en promedio 20 kg y se vendieron a \$2.00 por kg. En el CDES se consideró a los costos variable que fueron de \$661,918.00, mientras que el CFIN además de los anteriores incluyó costos fijos por \$687,662.80. En el CEC además de los dos anteriores, se agregó el costo de oportunidad de los factores de producción, aquí se incluyó la gestión empresarial y el capital invertido, que representaron \$340,157.75. Lo anterior, permitió calcular el ingreso neto y así definir la viabilidad en el flujo de efectivo desembolsable, financiero y económico (Tabla 1). Se

encontró que la URP analizada muestra viabilidad en el flujo desembolsable y financiero, pero no en el económica, esto, se puede atribuir a la disminución en el precio del kg de piña en el mercado.

Tabla 1. Flujo neto de efectivo, viabilidad financiera y económica en la URP modelada

Conceptos	CDES	CFIN	CEC
Ingreso	1,466,667	1,466,667	1,466,667
Costos variables	661,918.00	661,918.00	661,918.00
Costos fijos		687,662.80	687,662.80
Costos de oportunidad			340,157.75
Flujo neto de efectivo	804,748.67	117,059.20	--223,098.55
Viabilidad	Viable	Viable	No viable

Al respecto se menciona que el uso del agave en la producción de tequila puede ser rentable para el productor, sin embargo, la variación de los precios y las situaciones propias del cultivo generan incertidumbre en el ingreso [3].

Conclusión. La producción de agave presentó viabilidad financiera pero no económica, porque el precio de venta en el mercado no cubrió el costo de oportunidad de los factores de la producción. Con un precio de venta que supere a los \$2.70 por kg de piña, es posible alcanzar la viabilidad económica.

Referencias

1. Consejo Regulador del Tequila (CRT). (2025). *Producción total: tequila y tequila 100%*. Disponible en: <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/> revisado el 19 de junio de 2025.
2. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Producción agrícola de agave en Jalisco*. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ revisado el 19 de junio de 2025.
3. Valencia-Sandoval, K., Rojas-Rojas, M. M., Alvarado-Lagunas, E., & Duana-Avila, D. (2020). Innovación agroindustrial del agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul): valoración financiera para la obtención de inulina. *Agro-productividad*, 13(3), 19-24.
4. Domínguez-Torreiro & Gómez-Rodríguez. (2013). Agri-environment schemes and agricultural producers: a Delphi analysis of the perceptions and compensation demands of the farmers benefiting from the payments. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 236 (3), 81–118.

ANÁLISIS DE LAS REDES ARTESANALES DEL IXTLE EN EL ALTO MEZQUITAL

**Evelyn G. Cázares Jiménez, *Gustavo Viniegra-González.

*Universidad Autónoma Metropolitana, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, # 186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, Iztapalapa, C.P. 09310, CDMX, 55 5409 6257, viniuami@gmail.com.

**Create en Línea

Palabras clave: ixtle, artesanías, precio justo

Introducción. El aprovechamiento del ixtle de los agaves pulqueros se realiza por medio de redes de artesanas que tallan las hojas, hilan la fibra y la tejen, manualmente. Para mejorar su productividad y sus ingresos es necesario caracterizar las redes de procesamiento y venta de estas artesanías.

El objetivo fue analizar las redes de personas artesanas dedicadas al procesamiento y venta de ixtle mediante la identificación de actores involucrados, las condiciones de producción, las rutas de comercialización, y las oportunidades de mejora.

Métodos. El corpus principal de este estudio fueron las entrevistas semi estructuradas, la observación directa y la investigación acción en campo. Estos fueron algunos puntos de acción:

1. Investigación de los procesos de producción y expresiones culturales históricas en documentos y en el museo de la Cultura Nāhñu (1).
2. Levantamiento de datos sobre precios y tiempos de producción con productoras artesanas
3. Identificar barreras logísticas y organizativas que enfrentan para su producción y venta
4. Posibles mercados en el sector urbano y venta en línea para promover los productos desde el comercio justo.
5. La necesidad de la creación de una máquina de tallado que sustituya la extracción manual para desfibrar la penca de maguey

Resultados y discusión. 1. En cuanto a la expresión cultural, la comparación entre la flor artesanal “tutu” y los diseños actuales de los tejidos refleja una continuidad valiosa y pueden convertirse en un valor agregado importante para el posicionamiento ético de las artesanías, así como la protección legal de sus diseños (2).

2. En cuanto a los procesos de producción se identificó que las personas artesanas que actualmente generan productos de ixtle de manera artesanal viven en condiciones precarias obteniendo apenas el 10% de la ganancia total por sus productos.

3. En cuanto a las barreras logísticas se desarrollaron procesos de capacitación en línea a las comunidades artesanales

4. La venta de sus productos principalmente de las esponjas y las bolsas ecológicas se han podido insertar en el mercado en línea y en ferias artesanales urbanas, desde la línea de comercio justo (3).

5. Se introdujo una innovación de tallado mecánico de las hojas a través de desfibradoras mecánicas, esto ayuda de manera significativa los procesos de producción manual.



Fig. 1. Resultados. Numeración indicada en Métodos

Conclusiones. Para que las artesanas de ixtle obtengan el precio justo por su trabajo, se requiere equipar sus talleres con maquinaria, mejorando sus creaciones sin perder su carácter artesanal, así como la capacitación continua para que sean las propias artesanas quienes, formen sus grupos y redes de colectivos de comercialización solidarios.

Agradecimientos. Agradecemos a Magueyal A. C. y a las artesanas del Alto Mezquital por su apoyo para desarrollar estos estudios. ECJ fue becaria de CONAHCYT durante su tesis de Maestría en la U de G.

Referencias.

1. España-Soto, D. (2018). La historia de la Flor en “el costumbre” otomí. *An. Antropol*, 52(2), 123-140
2. Congreso de la Unión. (2022). *Ley federal de protección del patrimonio cultural de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas*. DOF 29-11-2023.
3. Roozen N. y van der Hoff F. (2019). *L'aventure du commerce équitable*. Lattes. Turín, Italia.

AGAVES MEZCALEROS DE MÉXICO: DIVERSIDAD Y USOS

Roque Onésimo Pérez Guel, José Eduardo Jacobo Bernal y David Alejandro Álvarez Hernández
 Universidad Autónoma de Zacatecas; Sierra de la Barraca 116, Colinas del Padre, Zacatecas, Zac. C.P. 98085; tel:
 5588042911, correo: roperez.guel@gmail.com

Palabras clave: magueyes mezcaleros, diversidad biocultural, usos tradicionales

Introducción. En México, el maguey es una planta emblemática, íntimamente ligada a la historia y tradición de múltiples comunidades. México concentra la mayor diversidad de *Agaváceas* a nivel mundial, con 217 especies y 258 taxones, representando el 75 % del total de especies de esta familia (Mendoza y Galván, 1995). En la elaboración del mezcal, se han identificado alrededor de 46 especies (Colunga-GarcíaMarín et al., 2007), con presencia en 28 estados (Ilsley-Granich, 2010). En este contexto, el objetivo de esta investigación es explorar y caracterizar las especies de agaves utilizadas en la elaboración de mezcal, con el fin de valorar su importancia para este destilado y visibilizar su relevancia ecológica, cultural y territorial.

Métodos. Revisión bibliográfica sobre las especies de magueyes que se utilizan en la elaboración de mezcal en las distintas zonas productoras. De la revisión documental, se extrajeron los siguientes datos: nombre científico del agave, nombres comunes u originarios, características físicas del agave, estados de la república mexicana donde se utiliza para destilar y otros usos.

Resultados y Discusión. La revisión documental permitió caracterizar 27 especies de agaves que son utilizados para la elaboración de mezcal. La Figura 1 muestra, por estado, las especies de agave que se utilizan para la elaboración del mezcal. Se cuantificaron 17 entidades en donde se utilizan estos agaves, siendo Oaxaca el que utiliza un mayor número. Le siguen Puebla, Durango y Jalisco.

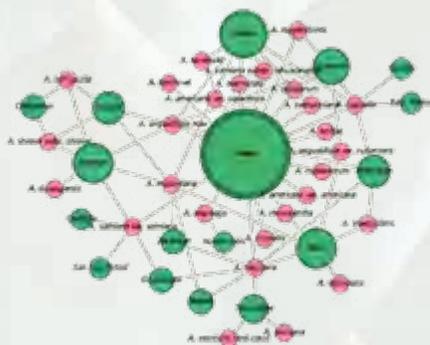


Fig. 1. Agaves utilizados en los estados para elaborar mezcal

No obstante, una especie de agave no se encuentra restringida exclusivamente a una entidad, sino que una misma especie puede ser utilizada en otras. Tradicionalmente los agaves han tenidos otros usos. En la tabla 1, se presentan los usos que se le identificaron a las 27 especies caracterizadas.

Tabla 1. Usos del agave además de elaborar mezcal

Uso del agave/elemento a utilizar (en su caso)	Frecuencia
Alimentación/inflorescencia	9
Construcción/quiote	9
Extracción de fibra/penca	9
Aguamiel/piña	8
Forraje	8
Ornamental	8
Medicinal	7
Cercos vivos	6
Combustible/hoja y tallo	2

También se descubrió que los nombres comunes de los agaves representan una complejidad, ya que una misma especie puede ser denominada de diversas formas comunes, según las regiones donde se utilizan; por el contrario, un mismo nombre común puede referirse a dos o más especies de agaves distintas.

Conclusiones. La diversidad de especies de agaves utilizadas en la elaboración del mezcal refleja la riqueza biocultural de México, así como la profunda conexión entre las comunidades y su entorno natural. Además de su papel en la elaboración de mezcal, el maguey presenta una variedad de usos que van más allá de lo gastronómico, evidenciando su importancia en la vida cotidiana y la cultura de las comunidades mexicanas.

Referencias.

- Colunga-García Marín, P., Zizumbo-Villarreal, D. y Martínez-Torres, J. (2007). Nombres comunes de 102 taxa de Agave reportados por su uso en México como alimento humano, bebida fermentada, bebida destilada fibra o forraje. En Colunga-GarcíaMarín, P., Larqué-Saavedra, A., Eguiarte, L. E. & Zizumbo-Villareal D. *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros Agaves* Centro de Investigación Científica de Yucatán/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto Nacional de Ecología. Mérida, Yucatán, México. Pp. xxi-xxxviii.
- García-Mendoza, A. y Galván, R. (1995). Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (56), 7-24.
- Ilsley-Granich, C. (2010). Claves para saborear los sabores del mezcal. *Artes de México: Mezcal. Arte tradicional* (98), 16-31.

Mesa redonda: Agave: entre la tradición ancestral y nuevas fronteras tecnológicas



Dra. Anne C. Gschaedler Mathis

Investigadora de la Unidad de Biotecnología Industrial del CIATEJ / Moderadora

La Dra. Anne Gschaedler es actualmente investigadora titular y directora de la Unidad Zapopan del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), ubicado en Zapopan, Jalisco, México. Cuenta con un doctorado en Biotecnología e Industria de Alimentos (INPL, Nancy, Francia, 1994) y su investigación se centra en los procesos artesanales de fermentación (tequila, mezcal, cacao), estudios fisiológicos de levaduras no-Saccharomyces y optimización del proceso de fermentación. Profesor de Posgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología (PICYT) enseña la biología molecular y la biotecnología. Responsable de la formación de varios estudiantes (7 doctorado y 12 maestros de

ciencias) y de varios proyectos de investigación así como en colaboración con la industria. Cuenta con 37 publicaciones a nivel internacional y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel III.



Dr. Fabio Trigo Raya

Investigador de la Universidad UNICAMP en Brasil

Fabio Trigo Raya, Ph.D. es un biotecnólogo y genetista cuya pasión inquebrantable se centra en la producción agrícola en zonas semiáridas, con un enfoque especial en la agavicultura. Desde 2016, se ha sumergido en el mundo de los agaves, motivado por el objetivo de producir biocombustibles y otros compuestos sostenibles y biorrenovables. Su trabajo en este campo abarca un amplio espectro, que incluye el rescate de cultivares, la caracterización de biomasa, la fitopatología molecular y la biotecnología vegetal. Actualmente, se desempeña como investigador responsable de los recursos genéticos y el mejoramiento de agaves en BRAVE – el Programa Brasileño de Desarrollo del Agave, una alianza entre la Universidad de Campinas (Unicamp), la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil (ANP) y Shell Brasil Petróleo Ltda.

de Campinas (Unicamp), la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil (ANP) y Shell Brasil Petróleo Ltda.



Dra. Graciela Angeles Carreño

Productora de mezcal en Oaxaca

Formo parte de la cuarta generación de productores de mezcal en mi familia. De formación soy comunicóloga (IESO), e hizo la maestría en sociología con atención al Desarrollo Regional (IISUABJO) y el Doctorado en Desarrollo Rural (UAM-X).

Desde 2008 llevo la dirección general de Mezcal de los Angeles, así como la responsabilidad de la producción y la comercialización con ayuda de mi hermano Edgar y mis hermanas Miriam y Adriana, al tiempo que soy madre de dos hijos, por lo que mi vida la comparto entre los magueyes, la maternidad y el amor a la naturaleza. Además de 2 proyectos impulsados y financiados por la cooperativa familiar: PROYECTO LAM y la Biblioteca el Rosario.

impulsados y financiados por la cooperativa familiar: PROYECTO LAM y la Biblioteca el Rosario.

El reto más grande que tengo ante mí, es ser una mujer que convive en un ámbito vedado anteriormente a las mujeres, ser una evangelizadora del mezcal y representar a la nueva generación de mezcalilleras.... Las mujeres de mezcal.



Ing. Benito Salcedo Rios

Productor de Raicilla en la Sierra de Jalisco

Ingeniero en agronomía fitotecnia del Instituto tecnológico de Tlajomulco, Jalisco. 2010-2015.

Emprendimiento de negocios agropecuarios altamente efectivos, efecto de bacterias diazotoficas en el crecimiento y acumulación de fructanos *in vitro* y en invernadero de Agave raicilla.



Lic. Miryam Acosta Aguilar

Productora de maguey en Morelos

Formo parte de la cuarta generación de productores de mezcal en mi familia. De formación soy comunicóloga (IESO), e hizo la maestría en sociología con atención al Desarrollo Regional (IISUABJO) y el Doctorado en Desarrollo Rural (UAM-X).

Desde 2008 llevo la dirección general de Mezcal de los Angeles, así como la responsabilidad de la producción y la comercialización con ayuda de mi hermano Edgar y mis hermanas Miriam y Adriana, al tiempo que soy madre de dos hijos, por lo que mi vida la comparto entre los magueyes, la maternidad y el amor a la naturaleza. Además de 2 proyectos impulsados y financiados por la cooperativa familiar: PROYECTO LAM y la Biblioteca el Rosario.

hijos, por lo que mi vida la comparto entre los magueyes, la maternidad y el amor a la naturaleza. Además de 2 proyectos impulsados y financiados por la cooperativa familiar: PROYECTO LAM y la Biblioteca el Rosario.

El reto más grande que tengo ante mí, es ser una mujer que convive en un ámbito vedado anteriormente a las mujeres, ser una evangelizadora del mezcal y representar a la nueva generación de mezcalilleras.... Las mujeres de mezcal.

Sr. Anselmo Oviedo Reyna

Productor vino de agave - Rancho el Venadito



El agave, planta emblemática de las culturas mesoamericanas, ha sido durante siglos símbolo de identidad, resistencia y saberes tradicionales. Hoy, en un contexto de transformación global, se sitúa también en el centro de investigaciones científicas e innovaciones tecnológicas que buscan ampliar su potencial en campos como la biodiversidad, agroecología, tecnología de bebidas y compuestos bioactivos, valorización de residuos, cultura y economía local.

Este volumen recopila las ponencias y resúmenes de los diferentes trabajos científicos presentados en el VI Simposio Internacional de Agave, celebrado en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México, del 17 al 20 de septiembre de 2025. A través de las voces de reconocidos investigadores internacionales y actores de la cadena productiva de agave, estas memorias ofrecen una visión actualizada de los temas clave que marcan la agenda científica del siglo XXI.

*“Legado científico, económico,
social y biocultural del agave”*

