

12^o

CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS BÁSICAS Y AGRONÓMICAS

07 y 08 Septiembre 2023

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Modalidad Híbrida

MEMORIA

MESA 2B

Crecimiento económico y sustentabilidad

Compiladores

Dr. Francisco Pérez Soto
Dra. Esther Figueroa Hernández
Dra. Lucila Godínez Montoya
Dra. Sandra Laura Pérez Sánchez
Dr. Gerónimo Barrios Puente
Dra. Diana América Reyna Izaguirre

Septiembre 2023

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Potencial de desarrollo de un mercado energético sustentable mediante el aprovechamiento de residuos en Oaxaca

Pablo Emilio Escamilla García¹, Hugo Serna Álvarez², Carolina Caire³, Perla Isis Dorantes Hernández⁴, Jesús Michel Legal Hernández⁵

Resumen

En la presente investigación se muestra un análisis integral de los Residuos Sólidos Urbanos que son generados en el estado de Oaxaca. El análisis se realizó mediante una revisión exhaustiva de la fuentes y reportes sobre generación de RSU emitidos por las dependencias gubernamentales oficiales. El objetivo del análisis es describir la situación actual que guarda en estado en términos de generación, manejo y disposición de los RSU. El análisis resultó en una generación promedio de 1661.51 toneladas diarias con un valor calorífico promedio de 2,269.33 kilocalorías por kilogramo. Esta información es una fuente de datos preliminares para determinar la viabilidad de conformación de empresas dedicadas a la valorización energética de los RSU en Oaxaca y así contribuir a la competitividad estatal y el desarrollo de la región.

Palabras clave

Residuos sólidos urbanos, empresas energéticas, Oaxaca

Introducción

La pobreza y marginación en Oaxaca

El estado de Oaxaca es uno de los 32 estados que conforman los Estados Unidos Mexicanos. Oaxaca cuenta con 3,967,889 habitantes de las cuales el 52.4% son mujeres y el 47.6% son hombres (INEGI, 2017). En lo que respecta al nivel educativo, en el ciclo escolar 2016-2017 se tuvo un grado promedio de escolaridad de 7.6% por debajo del promedio nacional que es de 9.3% y un alto índice de analfabetismo 10.7%, en comparación con el total nacional de 4.3% (Ver grafica 1) (SE, 2018).

¹ Instituto Politécnico Nacional, CECYT 13, peescamilla@ipn.mx

² Instituto Politécnico Nacional, ESCA Tepepan, hsernaa@ipn.mx

³ Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA, carolina.caire@gmail.com

⁴ Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA, perladorantes@gmail.com

⁵ Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA, jlegalh@ipn.mx

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

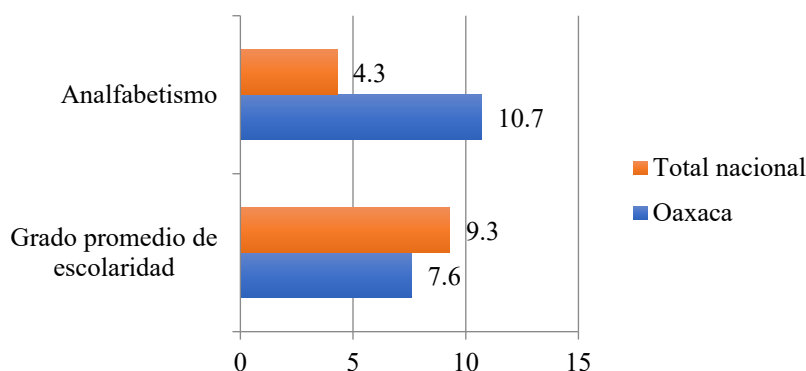


Figura 1. Escolaridad y analfabetismo en Oaxaca (SE, 2018)

Con la gráfica 1 es posible apreciar que la población de Oaxaca se encuentra rezagada en términos educativos. El nivel de analfabetismo superar en más de un 100% a la media nacional. Es importante señalar que de acuerdo con Pineda y Chapa (2018) las personas que no saben leer ni escribir en muchas ocasiones son excluidas de sus derechos plenos, incluyendo los que se refieren a la seguridad económica y social, así mismo son excluidos de tener un nivel de vida decoroso, de lograr la mayor autonomía posible, de obtener y conservar un empleo y de ejercer una ocupación útil, productiva y remunerativa. Aspecto que aumenta el grado de marginación y pobreza en una sociedad. Sobre este aspecto el caso de México exhibe un total de 283 municipios que se encuentran en un muy alto grado de marginación, como se aprecia en el cuadro 1.

Cuadro 1. Municipios con muy alto grado de marginación en México

Entidad	Municipios	%	Población
Jalisco	2	1%	14,346
Yucatán	5	2%	29,966
Durango	2	1%	31,770
Michoacán	3	1%	37,440
San Luis Potosí	2	1%	38,616
Hidalgo	3	1%	44,585
Nayarit	3	1%	109,846
Chihuahua	9	3%	118,177
Puebla	22	8%	248,088
Veracruz	27	10%	508,102
Oaxaca	135	48%	625,297
Guerrero	36	13%	696,063
Chiapas	37	12%	959,684
Total	283	100%	3,461,980

Fuente: (INE, 2017)

El cuadro anterior muestra que Oaxaca es la entidad federativa con el mayor número de municipios considerados con muy alto nivel de marginación. Es posible apreciar que, si bien Chiapas y Guerrero tiene menos municipios en muy alta marginación, estas dos entidades concentran mayor población en estas condiciones que la que hay Oaxaca. Sin embargo, dado el enfoque de la presente investigación se establece como crítico el nivel de marginación en el estado de Oaxaca. De acuerdo con la CONAPO (2015) el índice

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

promedio de marginación del estado de Oaxaca es de 2.06 lo que lo coloca en el segundo lugar a nivel nacional. Con esta información en términos de marginación y pobreza el panorama de Oaxaca no es alentador sobre su crecimiento y desarrollo. Oaxaca presenta condiciones de vulnerabilidad donde existe una actividad económica que provee bajos ingresos familiares. Como se ha establecido estos ingresos mínimos imposibilitan a la población de Oaxaca satisfacer adecuadamente sus necesidades de bienes y servicios esenciales, incluyendo los alimentos. Esta situación conlleva movimientos migratorios para buscar mejores oportunidades de vida (Alvarado-Juárez, 2008). La situación de múltiples familias en Oaxaca es de pobreza multidimensional, esto es que, existe una insatisfacción de al menos uno de los derechos para el desarrollo social, que son: educación, servicios de salud, seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda, y alimentación (Coria *et al.*, 2011). Adicionalmente es importante señalar que múltiples poblaciones de Oaxaca se ubican geográficamente en regiones de difícil acceso. Este aislamiento genera una comunicación limitada con otras poblaciones y consecuentemente una limitación en las actividades económico-productivas (Székely *et al.* 2007). El contexto económico productivo de Oaxaca se analiza en el siguiente apartado.

El contexto económico y la competitividad estatal

Dentro de las principales actividades económicas de Oaxaca se encuentran: servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles (17.2%); construcción (11.6%); comercio al por menor (9.9%); servicios educativos (7.9%); y, comercio al por mayor (7.5%) (SE, 2018). Esta información muestra que la economía del estado se sustenta mayormente por actividades comerciales y de servicios, dejando al sector industrial con un impacto poco significativo. Esto ha generado un rezago económico de la región ya que el Producto Interno Bruto (PIB) de Oaxaca reportado en 2016 representó una participación solo del 1.5% del PIB nacional y ocupó el lugar 22, con respecto al total nacional y en comparación con el año anterior tuvo una variación en valores constantes de -0.9%. Datos de la Secretaría de Economía (2018) muestran que el indicador trimestral de la actividad económica estatal (ITAE), registró un decremento a tasa anual en el total de su economía de -5.0% con respecto al mismo periodo del año anterior.

Cuadro 2. Indicador trimestral de la actividad económica en Oaxaca

Denominación	Variación %3 3er Trimestre 2017*	Posición a nivel nacional
Total nacional	1.3	
Oaxaca	-5.0	30
Actividades primarias	-0.1	17
Actividades secundarias	-21.9	31
Actividades terciarias	1.5	21

*Variación porcentual real respecto al mismo periodo del año anterior

Fuente: (SE, 2018)

Por grupo de actividad económica, las actividades primarias y secundarias presentaron una variación anual negativa de -0.1% y -21.9%, En lo que respecta al registro de unidades económicas Oaxaca cuenta con 208,008 empresas, lo que representa el 4.1% del total en

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

México. Sin embargo, el 78% se distribuyen en el sector comercial y de servicios, y el restante en actividades industriales. De forma específica el sector industrial en Oaxaca está representado por tres parques industriales: Parque Industrial y Maquilador Oaxaca 2000, Parque Industrial de Tuxtepec y Parque Industrial y Complementario de Salina Cruz. Sin embargo, estos parques industriales no han podido potenciar la actividad industrial de la región y por ende el crecimiento económico, ya que según el informe Doing Business 2020, publicado por el Banco Mundial, que clasifica a las economías por su facilidad para hacer negocios, el estado de Oaxaca ocupa el lugar 32 en México (Banco Mundial, 2020). Adicionalmente de acuerdo con el Índice de Competitividad Estatal (ICE), Oaxaca se ubica en el lugar 31 a nivel nacional con un ICE de 37.14 (IMCO, 2016). Cabe señalar que el ICE mide diez subíndices específicos, la posición de Oaxaca a nivel nacional en estos subíndices se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Posición a nivel nacional de Oaxaca en subíndices para la competitividad

Subíndice	Posición a nivel nacional
Sistema de derecho confiable y objetivo	24
Manejo sustentable del medio ambiente	30
Sociedad incluyente, preparada y sana	30
Sistema político estable y funcional	28
Gobiernos eficientes y eficaces	28
Mercado de factores eficiente	32
Economía estable	31
Sectores precursores de clase mundial	32
Aprovechamiento de las relaciones internacionales	21
Innovación y sofisticación en los sectores económicos	24

Fuente: (IMCO, 2016)

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, todos los subíndices para la competitividad estatal se ubican por debajo de la media nacional. De forma específica y para los fines de la presente investigación se identifica el manejo sustentable del medio ambiente y la Innovación de los sectores económicos como subíndices relevantes. Dentro del manejo sustentable del medio ambiente se evalúa el volumen de residuos sólidos generados (Kilogramos por persona) la disposición adecuada de residuos sólidos (Porcentaje de hogares que disponen adecuadamente sus residuos sólidos como porcentaje del total de los hogares). Igualmente se evalúa la intensidad energética en la economía (Megawatts hora por millón del PIB) y el número de certificados de industria limpia emitidos. En lo que respecta a la innovación de los sectores económicos, de forma general se mide el grado de investigación científica y tecnológica que se desarrolla en los diferentes sectores económicos. Con esto se muestra un panorama en donde la competitividad estatal en estos aspectos es significativamente baja, por lo que un proyecto que implemente el manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en la conformación de empresas que desarrollen procesos productivos para generación de energía podría potenciar significativamente estos índices. Para los fines del estudio es importante considerar este breve análisis sobre la pobreza marginación y el entorno económico y de competitividad ya que el establecimiento de proyectos ambientales como el aprovechamiento de los RSU y la generación de energéticos puede fungir como una estrategia para potenciar el desarrollo regional de zonas con niveles de marginación considerables (Escamilla-García

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

et al., 2019). Esto debido a que, en su mayoría, los rellenos sanitarios se ubican en zonas marginadas por lo que los proyectos pueden integrar a la población y generar beneficios para las comunidades cercanas. Con lo anterior y una vez explicados los principales aspectos económicos, demográficos y sociales del estado, se establece el objetivo general de la investigación el cual es realizar un análisis integral sobre la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en el estado de Oaxaca, esto para responder a la pregunta de investigación ¿Los RSU generados en el estado de Oaxaca presentan un potencial para su valorización mediante empresas energéticas?

Metodología

Para realiza la investigación se realizó una revisión exhaustiva de literatura sobre los aspectos de generación de RSU en la región. De forma particular se analizaron los reportes oficiales generados por la Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo sustentable del estado de Oaxaca (SEMAEDES). El método utilizado en la generación de la información presentada en los reportes de esta dependencia se basó la división de todo el territorio del estado de Oaxaca en 30 Distritos y posteriormente en 8 Regiones (Ver figura 2).



Figura 2. Regiones de Oaxaca utilizadas para la estimación de generación de RSU (INEGI, 2017)

Para la contabilización de los RSU generados en el estado, se establecieron estadísticas por región. Es importante señalar que de acuerdo con información de la SEMAEDES las estadísticas actuales sobre generación consideran estudios de caracterización de RSU de solo 16 municipios (ver cuadro 4). Con esto se busca replicar el comportamiento de generación en todo el estado. Con lo anterior se establece que actualmente no se tiene una estadística exacta del número de RSU generado en cada municipio dada la complejidad generada por el contexto social y las características de las poblaciones.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Cuadro 4. Municipios donde se estima la generación de RSU para todo Oaxaca

Municipio	Población	Región	Etnia
Oaxaca y zona conurbada	263,357	Valles Centrales	Zapoteco y Mixteco
Guelatao de Juárez	544	Sierra Norte	Zapoteco y Mixteco
San Juan Bautista Tuxtepec	155,766	Papaloapan	Chinanteco y Zapoteco
Unión Hidalgo	13,970	Istmo	Zapoteco y Mixe
Santo Domingo Tehuantepec	61,872	Istmo	Zapoteco y Mixe
Santiago Pinotepa Nacional	50,309	Costa	Mixteco y Zapoteco
Putla Villa de Guerrero	31,897	Sierra Sur	Triqui y Mixteco
Teotitlán de Flores Magón	8,966	Cañada	Nahuatl y Mazateco
San Juan Bautista Valle Nacional	22,446	Papaloapan	Chinanteco y Zapoteco
San Pedro Pochutla	43,860	Costa	Zapoteco
San Juan Cotzocón	22,356	Sierra Norte	Zapoteco
Tezoatlán de Segura y Luna	11,319	Mixteca	Mixteco y Zapoteco
San Pedro Quiatoni	10,491	Valles Centrales	Zapoteco
San Carlos Yautepec	11,813	Sierra Sur	Mixe y Mixteco
Mazatlán Villa de Flores	13,435	Cañada	Mixe y Mixteco
San Martín Peras	11,361	Mixteca	Mixteco y Mixe

Fuente: (INEGI, 2017)

Como se aprecia en el cuadro 4, la estimación de los RSU generados en el estado de Oaxaca consideró 16 municipios que integran diferentes regiones y están compuestas por diferentes etnias. Adicionalmente es importante señalar que los 16 municipios que forman parte del estudio de caracterización consideraron el grado de marginación de cada municipio. La SEMAEDESO establece 5 niveles de marginación: Muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Para la determinación de los RSU generados se tomaron 2 municipios con grado de marginación muy bajo, 2 con nivel bajo, 5 con nivel medio, 3 con nivel alto y 4 con nivel muy alto. Sumando así los 16 municipios del estudio. Con estos datos se realizaron todas las estimaciones en términos de generación, caracterización física y caracterización química. Finalmente se realizó un análisis comparativo del potencial calorífico estimado de los RSU en Oaxaca con otras ciudades para determinar el potencial de aprovechamiento energético.

Resultados y Discusión

Generación promedio de RSU

Con la metodología descrita anteriormente se estimó inicialmente un monto de generación promedio en función del grado de marginación (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de los estudios de generación de residuos sólidos urbanos, por grado de marginación (Tonelada/día)

Grado de marginación	No. de municipios	Generación per cápita	Generación total
Muy bajo	11	0.493	33.03
Bajo	28	0.388	49.62
Medio	171	0.417	516.21
Alto	144	0.588	493.53
Muy alto	216	0.444	569.10
Estado	570	0.466625	1,661.51

Fuente: (SEMAEDESO, 2018)

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Como se aprecia en el cuadro 5, actualmente se estima una generación promedio de 1661.51 toneladas diarias provenientes de los 570 municipios. Es posible apreciar que los municipios con medio, alto y muy alto grado de marginación son los municipios que más producen RSU. Esta diferencia entre los altos niveles de generación de municipios marginados en contraste con la generación en municipios con niveles bajos y muy bajos de marginación puede representar por el tipo de acciones que se emprenden para manejar los desechos generados. Es importante señalar que actualmente 418 municipios en Oaxaca se administran bajo el sistema de usos y costumbres, esto brinda libertad para que cada municipio establezca sus sistemas administrativos entre los cuales se encuentra el manejo de los residuos y en ocasiones limita la implementación de estrategias ambientales. Con la información anterior, igualmente se establece la generación promedio de RSU por región en el estado.

Cuadro 6. Generación promedio de RSU en Oaxaca por región (Tonelada/día)

Región	No. de Municipios	Población	Generación por cápita	Generación total
Cañada	45	200,794	0.432	86.74
Costa	50	476,513	0.461	219.67
Istmo	40	602,876	0.338	203.77
Mixteca	157	439,218	0.539	236.74
Papaloapan	20	434,055	0.388	168.41
Sierra Norte	68	155,064	0.468	72.57
Sierra Sur	70	295,350	0.565	166.87
Valles centrales	120	934,943	0.542	506.74
Estado	570	3,538,813	0.466625	1,661.51

Fuente: (SEMAEDES, 2018)

Como se puede apreciar en el cuadro 6 se estima la misma generación diaria de 1,661.51 toneladas diarias de RSU en todo el estado de Oaxaca. En lo que respecta a la generación en términos porcentuales, los valores se pueden observar en la figura 3.

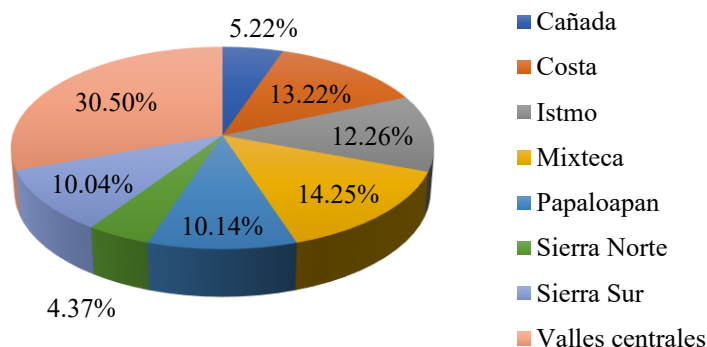


Figura 3. Porcentaje de generación de RSU por región en Oaxaca (Elaboración propia con información de SEMAEDSO, 2018)

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Es posible observar que la región de valles centrales representa el 30.50% del total de RSU generados en el estado. Esta región sigue la tendencia de generación en relación con la cantidad de población, ya que los valles centrales concentran más del 26% de toda la población del estado. Sin embargo, esta región solo posee 28 municipios (incluyendo Oaxaca de Juárez) que superan los 5,000 habitantes. Esto implica que en esta región existen 92 poblaciones donde la información real sobre la generación y manejo de los RSU es limitada.

Caracterización física de los residuos

La caracterización de los RSU se refiere a la determinación de las cantidades exactas de materiales que integran los flujos de residuos. Para el caso de Oaxaca, la caracterización sigue las estimaciones realizadas para calcular la totalidad de RSU generados. Esto es que igualmente se analizan 16 municipios de las 8 regiones para estimar una composición promedio.

12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México

Cuadro 7. Caracterización de residuos inorgánicos con valor comercial por región del estado de Oaxaca

Material	Valles centrales	Sierra sur	Cañada	Mixteca	Sierra norte	Costa	Istmo	Papaloapan
Aluminio	6.809114	0	0	0	0	0.390975	2.260072	0.166419
Cartón	11.564714	6.942712	2.675273	13.073424	1.353061	9.12275	6.68472	0.721149
Cuero	9.951782	1.3083	0.601705	0.358176	1.390856	0.05213	2.260072	1.516262
Envase de cartón encerado	57.091802	3.977232	1.638489	1.355952	0.98267	5.05661	9.931584	5.417863
Lata	41.90224	6.349616	1.083069	2.456064	1.353061	2.319785	6.016248	3.254416
Material ferroso	10.47556	2.215388	0.388794	0.230256	0.657633	0.078195	2.54656	0
Papel	21.74898	11.757256	5.498658	7.444944	4.376661	10.79091	21.868584	14.349016
Plástico de película	23.176322	6.140288	3.952739	13.713024	5.019176	3.90975	12.669136	9.744757
Plástico rígido	44.52113	0	0	2.660736	0	9.22701	6.812048	4.937097
PET	81.709368	14.251748	4.563701	8.3148	3.076513	8.523255	9.804256	8.69077
Trapo/Pieza	18.2798522	2.023504	1.675517	2.583984	2.252582	1.068665	4.997624	2.570249
Vidrio de color	6.5996028	2.651488	0.638733	0.358176	0.922198	0.62556	2.673888	3.624236
Vidrio transparente	11.3136048	5.739076	2.230937	10.668528	1.43621	7.76737	6.52556	3.476308

Fuente: Elaboración propia con información de SEMAEDSO, 2018

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Es importante señalar que la caracterización considera tres tipos de residuos: 1) orgánicos, cuales incluyen residuos alimenticios y residuos de jardinería; 2) residuos inorgánicos con valor comercial que son: Aluminio, Cartón, Cuero, Envase de cartón encerado, Envolturas de plástico, Hueso, Lata, Madera, Material ferroso, Papel, Plástico de película, Plástico rígido, PET, Poliuretano, Poliestireno expandido, Material no ferroso, Vidrio de color, Vidrio transparente; y 3) residuos inorgánicos sin valor comercial, que incluyen: Algodón, Residuo fino que pase la criba M200, Fibra dura vegetal (esclerénquima), Fibras Sintéticas, Hule, Loza y Cerámica, Trapo, Material de construcción, Pañal desechable, Otros.

En el cuadro 7 se puede apreciar el concentrado de valor para los materiales inorgánicos con valor comercial. Es posible observar que la composición de los materiales varía significativamente entre regiones lo que refleja diferentes patrones de consumo y generación de RSU. La importancia de listar este tipo de materiales con valor comercial radica en que en varias poblaciones la selección y comercialización de este tipo de materiales representa una actividad económica importante.

En lo que respecta al porcentaje considerando los tres tipos de residuos los valores se observan en la figura 4.

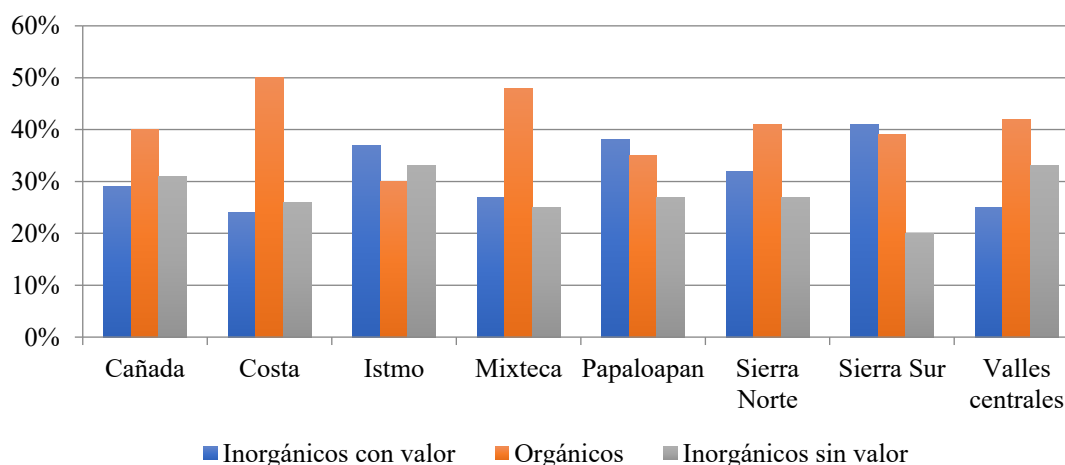


Figura 4. Porcentaje de tipo de RSU por región de Oaxaca (Elaboración propia con información de SEMAEDESO, 2018)

Como se aprecia en la figura 4, la composición del flujo de RSU no solo se compone de una alta concentración de materiales orgánicos, sino que la variación de composición entre residuos inorgánicos es evidente. La composición de RSU varía según la región no solo en el estado de Oaxaca, sino a nivel nacional, ya que cada estado presenta composiciones diferentes. Esta variación en la composición es un fenómeno que se presenta igualmente entre países y esto es debido a que la composición está influenciada por varios factores que incluyen: actividades económicas, clima, cultura, fuentes de energía, etc. Sin embargo, aun cuando esta composición difiera significativamente entre regiones o países, su correcta cuantificación permite el desarrollo adecuado de estrategias de recolección y eliminación (OCDE, 2013). El caso de Oaxaca presenta una composición que se alinea a los parámetros

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

internacionales, ya que como se hizo mención anteriormente, Oaxaca es uno de los estados con mayor grado de marginación en México. Los países de bajos ingresos y con mayores índices de marginación tienden a generar una proporción significativa de desechos orgánicos, mientras que los países de altos ingresos presentan mayores proporciones de papel, plásticos y otros materiales inorgánicos reciclables (EPA, 2011).

Cuadro 8. Composición internacional de los RSU por nivel de ingreso

Nivel de ingreso	Orgánico (%)	Papel (%)	Plástico (%)	Vidrio (%)	Metal (%)	Otros (%)
Bajo	64	5	8	3	3	17
Medio-Bajo	59	9	12	3	2	15
Medio-Alto	54	14	11	5	3	13
Alto	28	31	11	7	6	17

Fuente: Elaboración propia con información de Banco Mundial, 2012

El cuadro 8 ilustra los diferentes valores de la composición de RSU por nivel de ingresos. El cuadro se construyó con información del Banco Mundial, que incluye datos de 105 países clasificados por ingresos y con tasas de generación de 2006 a 2012. La tasa de generación incluyó solo áreas urbanas y en algunos países los valores de composición fueron de una sola ciudad. El cuadro 8 muestra que los países de bajos ingresos tienen una fracción orgánica del 64% en comparación con el 28% en los países de altos ingresos. Esto muestra que, a medida que un país se vuelve más rico, la fracción orgánica disminuye mientras que el consumo de materiales inorgánicos aumenta; sin embargo, en países de bajos y medianos ingresos, hay un alto porcentaje de materia orgánica que varía del 40 al 85% del total. Retomando el caso de Oaxaca, con los valores mostrados en la figura 4 se obtienen los promedios de composición de RSU para todo el estado. Como se aprecia en la figura 5 en términos promedio se tiene que del total de 1,661.51 toneladas diarias que se generan en todo el estado de Oaxaca, el 27.75% representan residuos inorgánicos sin valor comercial que representan 461.07 toneladas. El 31.63% son residuos inorgánicos con valor comercial que representa 525.45 toneladas. Finalmente, el 40.63% son residuos orgánicos con un valor de 674.99 toneladas.

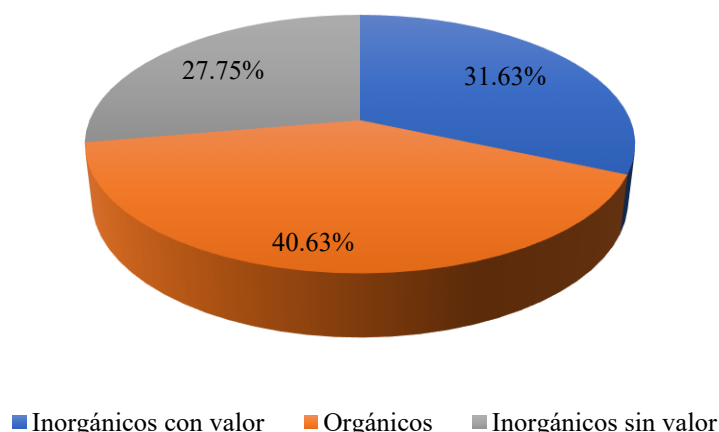


Figura 5. Composición porcentual de RSU en Oaxaca (Elaboración propia)

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

De los tres tipos de residuos, aquellos que representan la principal atención para instrumentar estrategias de manejo son los residuos orgánicos. Los residuos orgánicos comprenden materiales biodegradables, es decir que son propensos a la descomposición en presencia de oxígeno. Sin embargo, este tipo de residuos representan un riesgo importante por los diferentes problemas y afectaciones que generan a los ecosistemas y a las poblaciones si no son tratados de forma adecuada. Por esto y para los fines de esta investigación se requiere conocer la caracterización química de dichos residuos.

Caracterización química de los residuos

Los parámetros que definen la caracterización química de los residuos sólidos urbanos son los porcentajes del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, que representan químicamente la fracción orgánica presente en dichos residuos (Castillo y Medina, 2014).

Cuadro 9. Generación promedio de RSU en Oaxaca por región (Tonelada/día)

Región	Carbono	Oxígeno	Nitrógeno	Hidrógeno
Cañada	37.27	20.68	0.544	8.56
Costa	40.38	22.81	3.85	4.77
Istmo	41.56	23.33	0.93	4.78
Mixteca	44.67	24.79	1.57	5.14
Papaloapan	42.89	24.23	1.20	4.93
Sierra Norte	31.05	17.24	0.997	3.57
Sierra Sur	39.00	21.84	0.86	4.48
Valles centrales	35.49	19.90	1.11	13.07
Promedio	39.04	21.85	1.38	6.16

Fuente: Elaboración propia con información de SEMAEDESO, 2018

Como se aprecia en el cuadro, la caracterización química de los residuos muestra concentraciones de elementos con valores medio similares entre las diferentes regiones. Solo se observa en los residuos provenientes de la región valle central y cañada una concentración de hidrogeno superior a las medias de las muestras en otras regiones. Este tipo de valores implica residuos que son susceptibles de su manejo en rellenos sanitarios con infraestructura que permitirá promover la estabilización de los residuos al interior de las celdas de basura, lo cual puede generar un notable incremento en las tasas de producción de biogás (González y Buenrostro, 2012).

Potencial calorífico

Los materiales plásticos representan un valor importante dentro del flujo de RSU generados en Oaxaca. La correcta identificación de los materiales plásticos puede proporcionar información importante para el diseño de estrategias de recuperación y reciclado dentro de un relleno sanitario ya que este tipo de material no siempre es objeto de un reciclaje. De acuerdo con Gug *et al.* (2015) no todos los plásticos se pueden reciclar dado que su reciclaje está en función de: 1) la composición del material, 2) la cantidad y la limpieza del plástico, 3) las tecnologías disponibles en el sitio 4) los requisitos o normas locales aplicables para el reciclaje. Derivado de lo anterior, se visualiza un panorama en donde se puedan implementar estrategias para el aprovechamiento no solo del plástico que no es susceptible de reciclaje

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

sino de la alta fracción orgánica en los residuos de Oaxaca. Actualmente este tipo de residuos pueden ser tratados de manera sustentable en rellenos sanitarios que implementen infraestructuras para la incineración de residuos. Este tipo de tecnologías aprovechan el potencial calorífico de los residuos. Esto proporciona una valiosa fuente de calor y electricidad, que puede representar una importante contribución a las necesidades energéticas de ciudades cercanas a los rellenos sanitarios (Rigamonti *et al.*, 2015).

Cuadro 10. Comparación de valores caloríficos (LHV) reportados en la literatura (MJ / kg)

	(EIA, 2007)	(Walters et al., 2013)	(Tewarson & Babrauskas, 1995)	(Franklin Associates, 1991)	(ECN, 2013)	(Themelis & Mussche, 2014)
PET	20.5	23.2	-	24.7	21.9	23.9
HDPE	38	44.6	43.6	46.5	43.6	44.3
Cloruro de polivinilo (PVC)	16.5	-	16.4	18.3	16.8	19.2
LDPE/LLDPE	24.1	42.2	-	46.2	43.5	44.3
PP	38	42.7	43.4	46.4	44.2	44.3
Poliestireno (PS)	35.6	42.0	39.2	-	44.2	41.5

Fuente: Escamilla-García *et al.*, 2019

El cuadro 10 presenta los valores calóricos estimados de diferentes tipos de materiales plásticos. Según Themelis y Mussche (2014), el material plástico más común en un flujo de residuos incluye: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP y PS. Aunque en la presente investigación no se realiza un desglose por tipo de plástico ya que no se cuenta con la información, se infiere que el flujo de residuos incluye mayormente los plásticos listados por Themelis y Mussche. Aunque el potencial calorífico de tales plásticos permite el diseño de futuros proyectos centrados en el tratamiento de los RSU, para determinar si la cantidad de materiales plásticos es suficiente para que su conversión en energía sea factible se debe determinar el potencial calorífico exacto de todos los residuos generados. De acuerdo con información de la SEMAEDESO (2018), se estima que el potencial calorífico de todo el flujo de residuos en Oaxaca (incluyendo los materiales plásticos) es de 2,269.33 kilocalorías por kilogramo considerando residuos con humedad y sin humedad. Para determinar si este valor muestra un valor adecuado para su aprovechamiento en tecnologías de incineración es necesario comparar el valor con valores reportados en flujos de RSU de otras ciudades

Cuadro 11. Valor calorífico de residuos en diferentes ciudades

Ciudad	Kcal / kg	MJ / kg
Ciudad de México, México	3192.27	13.3
Lahore, Pakistan	6191.13	25.9
Guangzhou, China	3,359	14
Manila, Filipinas	6,800	28.4
São Paulo, Brasil	5159.07	21.6
India (diferentes ciudades)	1886.88	7.9
Texas, EEUU (solo Lower Rio Grande Valley)	4142.4	17.3

Fuente: (Escamilla-García *et al.*, 2019)

El cuadro 11 muestra valores caloríficos de diferentes flujos de RSU generados en varias ciudades internacionales tanto en kilocalorías como en Megajoules. El factor de conversión

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

es de 1MJ equivale a 239.0057 Kcal. Por esto el valor de 2,269.33 kilocalorías por kilogramo equivale a 9.49 MJ/kg. Aunque este valor es inferior al reportado en las ciudades del cuadro 11, para proyectos de incineración el valor calorífico más bajo debe ser en promedio de al menos 7 MJ/kg y nunca debe ser inferior a 6 MJ / kg (Banco Mundial, 2012). Por esto, el valor calorífico estimado se encuentra dentro del rango adecuado para proyectos de incineración. Sin embargo, debido a que la proporción plástica en el flujo de residuos es baja en comparación de la fracción orgánica, sería recomendable explorar primeramente la factibilidad de proyectos que aprovechen el potencial de generación de biogás antes que los procesos de incineración.

Conclusiones

La conformación de nuevas empresas no solo en México sino en el mundo deben de considerar los escasos de los recursos y las implicaciones de las altas tasas de generación de basura que sus actividades pueden generar. De igual manera el diseño de políticas públicas debe, de buscar un desarrollo regional de las poblaciones bajo un enfoque de sustentabilidad. El estado de Oaxaca es una entidad que no solo presenta índices de marginación y pobreza elevados; sino que también su actividad económica no está representada por procesos industriales de alto impacto. Oaxaca presenta bajos niveles en todos los subíndices que determinan la competitividad estatal. De forma particular las acciones actuales sobre el manejo del medio ambiente, que incluyen generación y disposición adecuada de RSU colocan a Oaxaca en el lugar 30 a nivel nacional. Esta investigación discute que estos aspectos pueden ser abordados mediante la conformación de unidades económicas que basen sus operaciones en una economía circular donde se busque el total aprovechamiento de un residuo para su conversión en energía. La investigación estimó una generación promedio de 1661.51 toneladas diarias de los cuales el 27.75% representan residuos inorgánicos sin valor comercial (461.07 toneladas), el 31.63% son residuos inorgánicos con valor comercial (525.45 toneladas), finalmente el 40.63% son residuos orgánicos (674.99 toneladas). Se estimó igualmente que estos residuos tienen un valor calorífico de 2,269.33 kilocalorías por kilogramo equivalente a 9.49 MJ/kg. Con estos resultados se discute el potencial energético de los RSU de Oaxaca.

Por un lado, dado que la actividad industrial en Oaxaca es mínima y que por otro lado existen parques industriales que brindan las condiciones para establecimiento de nuevas industrias, la conformación de empresas dedicadas a la valorización energética de los RSU se muestra viable. Es importante aclarar que esta viabilidad inicial se basa exclusivamente en las conformaciones administrativas de unidades económicas con giro industrial que aprovechen estas condiciones favorables. La parte técnica y económica debe ser aun analizada a profundidad mediante la conducción de estudios de factibilidad adicionales. Sin embargo, el potencial calorífico de los RSU de Oaxaca se ubica en los adecuados para su aprovechamiento. Por lo que aun cuando es necesaria la conducción de estudios adicionales, la creación de empresas energéticas en colaboración con la CFE puede incrementar los resultados de varios subíndices de competitividad estatal. Particularmente el manejo sustentable del medio ambiente se incrementaría al desarrollar proyectos que mejoren la gestión de los RSU generados en el estado. De igual manera se mejoraría el subíndice de

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

innovación de los sectores económicos dado el desarrollo de actividades productivas con alto grado de especialización como la generación de energía por biomasa y el incremento en el número de empresas industriales. De forma general la conformación de empresas energéticas en la región buscaría un crecimiento y desarrollo social de las regiones cercanas a los rellenos sanitarios y permitiría la implementación de estrategias y políticas públicas complementarias para el desarrollo regional y así reducir los altos índices de marginación en el estado.

Referencias bibliográficas

- Alvarado-Juárez, A.M. (2008) Migración y pobreza en Oaxaca. *El cotidiano* 148: 85-94
- Banco Mundial (2012) *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington, D.C.: Urban Development Series.
- Banco Mundial (2020) Doing business 2020: Comparing business regulations in 190 economies. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/688761571934946384/pdf/Doing-Business-2020-Comparing-Business-Regulation-in-190-Economies.pdf> (Fecha de consulta 12 de enero de 2020).
- Castillo, E. y Medina, L. (2014) Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 30(1): 81-90
- CONAPO – Consejo Nacional de Población (2015) Datos abiertos del índice de marginación. Recuperado de: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion (Fecha de consulta 14 de enero de 2020).
- Coria, S; Pérez-Meza, M; Mendoza-Cortes, E. y Martínez-Peláez, R. (2011) Brecha Digital y Pobreza Digital en el Estado de Oaxaca. *Conciencia Tecnológica* 42: 19-25.
- EPA – Environmental Protection Agency (2011) *Municipal Solid Waste in the United States: 2011 Facts and Figures*. Washington D.C.: EPA
- Escamilla-García P.E., Galicia-Villanueva S. & Jiménez-Castañeda M.E. (2019) *Generación de energía por biogás como estrategia para el desarrollo regional*. En Álvarez-Castañón L. & Valentín L. (Editores) *Desarrollo y Responsabilidad Social: Hacia la sostenibilidad en la economía digital* (pp. 150-172). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Gonzalez, C. y Buenrostro, O. (2012) Composición de residuos sólidos urbanos en dos sitios de disposición final. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 28(1): 13-18
- Gug, J; Cacciola, D. y Sobkowicz, M. (2015) Processing and properties of a solid energy fuel from municipal solid waste (MSW) and recycled plastics. *Waste Management* 35: 283-292
- IMCO – Instituto Mexicano para la Competitividad (2016) Índice de competitividad estatal 2016. Recuperado de: <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2016/11/2016-ICE-Libro.pdf> (Fecha de consulta 14 de enero de 2020).
- INE – Instituto Nacional Electoral (2017) Listado de municipios con grado muy alto de marginación (Conapo). Recuperado de:

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

<https://repositoriodocumental.ine.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/93949/CGex201711-08-ap-unico-a1.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (Fecha de consulta 14 de enero de 2020).

- INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Oaxaca. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20570.pdf (Fecha de consulta 13 de enero de 2020).
- OCDE – Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2013) Waste Management Services. Recuperado de: <http://www.oecd.org/daf/competition/Waste-management-services-2013.pdf> (Fecha de consulta 15 de diciembre de 2019)
- Pineda, R.M y Chapa, J.B. (2018) Exclusión de las personas analfabetas en la vinculación laboral. *Revista Mexicana de Sociología* 80(4): 767-799
- Rigamonti, L; Falbo, A. y Grosso, M. (2013) Improving integrated waste management at the regional level: The case of Lombardia. *Waste Management & Research* 31(9) 946–953
- SEMAEDES – Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo sustentable del estado de Oaxaca (2018) Resumen ejecutivo del programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el estado de Oaxaca. Recuperado de: <http://www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/transparencia/2018/normatividad/estatal/7.%20PROGRAMAS/Resumen%20ejecutivo%20PEPGIRSUME.pdf> (Fecha de consulta 17 de diciembre de 2019)
- SE – Secretaría de Economía (2018) Información económica y estatal Oaxaca. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/43819/Oaxaca.pdf> (Fecha de consulta 13 de enero de 2020).
- Székely, M; López, L; Meléndez, A; Rascón, E. y Rodríguez, L. (2007) Poniendo a la pobreza de ingresos y a la desigualdad en el mapa de México. *Economía Mexicana: Nueva Época* 16(2): 239-303
- Themelis, N. y Mussche, C. (2014) 2014 Energy and economic value of municipal solid waste (MSW), including non-recycled plastics (NRP), currently landfilled in the fifty States. Recuperado de: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/2014_Energy_value_of_MSW.pdf (Fecha de consulta 20 de diciembre de 2019).

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

El beneficiado húmedo de café de bajo impacto ambiental en Tlaviectepan, motor de desarrollo en comunidades de alta marginación del municipio de Huatusco, Ver. Una experiencia de Investigación Acción Participativa

Guadalupe Elizondo Gómez⁶; Victorino Morales Ramos⁷

Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera federal Córdoba-Veracruz km. 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94953. vicmor@colpos.mx; geg@colpos.mx

Resumen

El café es un fruto que requiere varios procesos agroindustriales, como beneficiado, torrefacción y otros. El beneficiado de café en las zonas cerceras demanda y contamina gran cantidad de agua, por lo que la búsqueda y difusión de procesos de bajo impacto ambiental es no sólo pertinente sino necesario. En Tlaviectepan, una pequeña comunidad de las Altas Montañas de Veracruz, sus habitantes venden café cereza a un precio muy bajo (\$13 a \$15/kg), lo que implica bajos ingresos familiares y poco acceso a mercados especiales de mayor utilidad (\$78 a \$110/kg). Una alternativa para mejorar la rentabilidad y disminuir la contaminación es el beneficiado de café en cada unidad de producción familiar. Por ello, se planteó la utilización de la Investigación Acción Participativa para la promoción e instalación de un beneficio húmedo comunitario de bajo impacto ambiental y así como procesos alternativos (café enmielados -honey- y naturales), con reutilización de los subproductos. Ello disminuirá el uso de agroquímicos, permitirá la recirculación de nutrientes y agua, y el acceso a mercados especiales. Así se podrá mejorar el ingreso de las familias, disminuir el impacto ecológico de la caficultura y promover el quehacer del Colegio de Postgraduados. Sin embargo, la comunidad no tiene la cultura del trabajo comunitario, ello aunado a las malas experiencias, las malas prácticas políticas, la visión inmediatista y el deterioro del tejido social, se crea un clima de apatía y escepticismo, por lo que la estrategia debe ser replanteada.

Palabras clave: Beneficiado húmedo de café de bajo impacto ambiental, investigación acción participativa, comunidad de alta marginación.

6 Becaria postdoctorante CONAHCYT.

7 Profesor Investigador Titular. Responsable del Área de Ciencia y Tecnología del Café.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Introducción

El café es uno de los cultivos más importantes del mundo por múltiples razones, Enriquez et al. (2020) afirman que es el producto más comercializado en el mundo, después del petróleo y que su sólo cultivo en Centroamérica representa el 10% del comercio mundial.

El gobierno de México, a través de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural señala en su blog oficial (2022), que los principales productores de café a nivel mundial son: Brasil, Colombia y Vietnam; México ocupa el 11° lugar, pero es el principal proveedor de café orgánico. que el cultivo de café ocupa 3.24% de la superficie total cultivada, exportándose 28,000 toneladas (principalmente a la Unión Europea).

Una de las desventajas que presenta el cultivo de café es la estacionalidad de la cosecha, la cual ocurre entre los meses de octubre a abril (dependiendo de la ubicación geográfica y el microclima de la plantación). Este fenómeno trae consigo la estacionalidad de los ingresos, por lo que las familias caficultoras recurren a diferentes estrategias que les permitan sobrevivir durante todo el año. Senbeta et al. (2022) han documentado en Etiopía la asociación de enset (*Ensete ventricosum*) y café, ello como una estrategia para garantizar alimentos e ingresos durante todo el año, o por lo menos durante los meses que no se cosecha café. En México los productores emplean la misma estrategia, de tal manera que hay sistemas de cultivo asociados al café, como el plátano, los cítricos o algunos otros frutos.

Otra estrategia para mejorar el precio de venta del café y el ingreso para las familias son las certificaciones (Etana et al., 2021). Actualmente existen una variedad importante de ellas, como por ejemplo: las orgánicas -Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica, IFOAM-, Rainforest Alliance y su red de Agricultura Sostenible, las amigables con la biodiversidad -el Programa de Certificación del Centro Smitsoniano de Aves Migratorias para el café cultivado en la sombra-, las sociales y ambientales -la certificación UTZ-, sociales, ambientales y económicas -Código Común para la Comunidad Cafetalera CCCC, también conocida como C4-, y las empresariales -Nespresso ecolaboration, Prácticas de C. A. F. E. de Starbucks-.

Estas certificaciones consideran en cierta medida los servicios ambientales, económicos y socioculturales, pero una cantidad importante de productoras(es) no tienen acceso a las certificaciones (ya sea por el costo de estas o por los procedimientos), aun cuando su manejo productivo es “ecológico”. Ello crea la necesidad de contar con esquemas más accesibles, baratos y socialmente justos, que permitan mejorar los ingresos mientras se cuida el ambiente, porque hasta ahora los sistemas agroforestales de café se han valorizado en términos económicos (cantidad de café producido), apenas se empieza a relacionar el sombreado con las cualidades organolépticas de la bebida, pero es muy poco lo que se menciona sobre la necesidad de una retribución económica a los servicios ecosistémicos que brindan los sistemas agroforestales de café con sombra diversificada como: almacenamiento de carbono, servicios ambientales y mayor calidad del café, lo que puede dar algunas oportunidades económicas a los productores (Coltri et al. 2019). Otras investigaciones (Koutouleas et al., 2022) afirman que la producción de café sostenible debe considerar enfoques

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

multidimensionales, tanto los puramente productivos, como estrategias integrales que consideren diversos aspectos sociales (asesoría técnica, políticas públicas e institucionales).

Pérez (2009) enlista algunas de las formas de producción de café que se presentan como alternativa para el cuidado del ambiente: café orgánico, café comercio justo, café ecológico, café responsable, Código Común para la Comunidad Cafetalera (C4)

Como se ha mencionado anteriormente, los cafetales bajo sombra promueven la conservación de especies vegetales y animales, así como la conservación del suelo y los cuerpos de agua, lamentablemente, el hecho de que tengan rendimientos de grano menores que las plantaciones a pleno sol ha provocado un cambio en los sistemas de producción hacia plantaciones a pleno sol, lo que trae como consecuencia la pérdida de biodiversidad y el empobrecimiento de las familias cafecultoras. La situación ha llegado a puntos críticos como el vivido en la región de Tolima (Colombia) donde sólo se conserva bajo sombra el 3% de la superficie cafetalera (Aguirre-Cuellar et al., 2022). El hecho puede estar influido por el pequeño tamaño de las parcelas, ya que 60.6% de los predios son de menos de 1 ha.

Desafortunadamente, en nuestro país la superficie promedio de una finca de café es 1.57 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2.07 tn/ha (Benitez-García et al, 2015); por tanto, es recomendable trazar más de una estrategia productiva y producir café de gran calidad, en lugar de buscar grandes volúmenes de producción para mejorar el ingreso y nivel de vida de las familias cafecultoras. Probablemente, la estrategia más viable a corto y mediano plazo es la producción de cafés diferenciados o de alto puntaje en taza, los cuales puedan ser comercializados en nichos de mercado especializados.

Cafeticultura en México

Como se mencionó anteriormente, el café es un cultivo estratégico en México, ello se debe a que integra varias cadenas productivas tanto agrícolas, como de acondicionamiento y transformación -pues requiere de procesos agroindustriales para su consumo y preservación-. Así mismo provee servicios ambientales -ésto al capturar carbono, intervenir en la termoregulación, ser nicho de biodiversidad, conservar el suelo y el agua-; pero requiere de servicios de transporte, de comercialización nacional e internacional -es un gran generador de divisas-; y genera otros bienes y servicios socioeconómicos -al ser altamente demandante de mano de obra, especialmente durante la cosecha.

Lo anterior permite comprender mejor el hecho de que nuestro país ocupa el 11° lugar mundial en la producción de café, aporta aproximadamente 2.4% del comercio internacional total y porqué representa el 0.66% del PIB agrícola nacional y el 1.34% de la producción de bienes agroindustriales.

Según el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) de la Cámara de Diputados de los Estados Unidos Mexicanos, la producción de café ocupaba una superficie de 761 mil hectáreas, lo que equivale al 3.45% de la superficie agrícola total nacional (CEFP, 2021). Así, el café se cultiva en 15 estados de México, en los que destacan: Chiapas (41%), Veracruz (24%), Puebla (15%), Oaxaca (10%), Guerrero, Hidalgo, Nayarit, Colima, Jalisco, Querétaro y Tabasco; empleando a más de 500 mil personas. Según datos oficiales la producción

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

promedio fue de 899 mil toneladas de 2017 a 2021. Ha habido varios programas gubernamentales (p.e. Producción para el Bienestar, Estrategia de acompañamiento técnico, Esquema de Financiamiento Emergente) que han apoyado la caficultura y beneficiado a 92.5% son productores de pequeña escala, 67.2% son indígenas y 41.6% son mujeres. Otro apoyo federal es el Esquema de Financiamiento Emergente para café que comenzó a operar en 2020 con una articulación entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal, y Pesquero (FND) y la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café (Amecafé). Este esquema atiende con créditos blandos a productores de café arábica de pequeña escala, en su mayoría indígenas, y la meta para este año es apoyar a 20 mil caficultores. El esquema es parte de una de las estrategias de Producción para el Bienestar: la Estrategia de Fomentar al Acceso al Financiamiento Formal de los productores beneficiarios del PpB, y consiste en créditos anuales de 10 mil pesos por hectárea, con límite de tres hectáreas por productor y posibilidad de renovación anual, y se otorgan por medio de organizaciones económicas de productores.

En 2018 el gobierno de México se estimaba lograr una cosecha sostenible de 15 millones de sacos de 60 kg para 2030. en el mismo año, el 53.85% de las exportaciones se destinaban a Estados Unidos de América, el resto a la Unión Europea, Japón, Cuba y Canadá. De enero a julio 2020 se exportaron 101.86 mil toneladas de café, con valor de 427.51 millones de dólares; esas cifras representan un incremento de 7.7% y 19.36% respectivamente.

Planeación agrícola Nacional estima que en 2030 el consumo de café irá de 0.8 a 0.94 millones de toneladas, así mismo la producción nacional pasará de 0.82 a 4.7 millones de toneladas. Otro dato más reciente publicado por la Secretaría de Agricultura el 01 de octubre 2020, menciona que han impulsado el Plan de Atención Integral al Café (PIAC), a través de un Programa de Apoyos a Pequeños Productores de Café (antes PROCAFE, hoy SUBICAFE).

Otro factor muy importante a considerar, es su posicionamiento en el mercado, ya que el café es la segunda bebida más consumida en el mundo, según cifras de SEDAR (2020) se consumen 2,250 millones de tazas (sólo superada por el agua); el gobierno de México menciona que el consumo per cápita se ha incrementado de 1.4 kg (2018) a 1.6 kg (2020).

Cafecultura en Veracruz

Veracruz es el segundo estado productor de café en México, tanto en café convencional como orgánico (Escamilla et al., 2005). Se ha registrado que la temperatura ambiental promedio de los cafetales veracruzanos promueve la calidad del grano y la bebida. Por otro lado, este estado cuenta con la presencia de importantes organizaciones cafetaleras como: Unión de Sociedades para la Producción Agropecuaria Sustentable A. C. (UNISOPRAS), Unión Regional de Pequeños Productores de Café Agropecuaria, Forestal de la Zona de Huatusco S. S. S, Red de Organizaciones Cafetaleras Sustentables A. C. (REDCAFES).

En 2005 el café orgánico veracruzano se producía en 16 municipios y 58 comunidades, contaba con 2,463 hectáreas y era cultivado por 1,079 productores, cuya superficie promedio era de 2.28 ha., con una densidad de cultivo de 3,000 plantas por hectárea, lo que explica un

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

rendimiento de 15,63 Qq/ha. En el mismo estudio se identificaron más de 8 especies de árboles de sombra, con una densidad de 392 árboles de sombra por hectárea, cuya altura promedio era de 12.8m y proporcionaban 74.8% de cobertura arbórea. El sistema de cultivo predominante era el policultivo tradicional. Veracruz era el estado que mayor cantidad de fertilizantes orgánicos aplicaba en 2005.

En cuanto a los datos socioeconómicos, la edad promedio de los productores era de 52 años, escolaridad promedio de primaria concluida (6.2 años), las familias estaban integradas por 6.8 personas promedio, 31.5 años de experiencia, 11.3 trabajadores por finca para cosechar, 1.4 familiares migrantes por familia, 44.4% cultivaba maíz para autoconsumo.

Otro dato importantísimo que se registró fue la asistencia de los técnicos de campo se consideraba muy alta cuando se efectuaban 6 visitas por año.

Manejo poscosecha- procesamiento

El fruto de café es una drupa que requiere de procesos de beneficiado que permita pasar de un fruto percedero a un grano de larga vida de anaquel (un año). El proceso inicia con la cosecha, seleccionando los frutos maduros. Posteriormente se eliminan por flotación los frutos inmaduros o dañados y materia extraña.

Los frutos que no flotan se retiran del agua, y se pueden poner: 1. a secar (para obtener café bola o capulín); 2. se pueden despulpar (eliminación de la cáscara o pulpa); o 3. se pueden conducir a un proceso de macerado en contenedores cerrados herméticamente (24, 72 o más horas, con o sin agua). Los frutos que fueron sometidos a maceración se pueden despulpar o se pueden secar.

Los granos despulpados conservan adherida una capa de mucílago. Éste puede eliminarse a través de una fermentación espontánea (café lavados), o dejarse pegado a los granos (café honies), posteriormente los granos sean secados.

El secado del grano puede realizarse en camas africanas, túneles de secado solar, secadoras mecánicas o patios. Los granos secos, café bola o natural, pergamino lavado o pergamino honey, se pueden almacenar en condiciones normales hasta por dos años. Aquí termina el primer proceso de beneficiado también conocido como beneficiado húmedo.

Posteriormente el grano se somete a otro proceso de beneficiado conocido como beneficiado seco. Este proceso permite obtener café verde, también conocido como café oro. Básicamente este proceso consiste en retirar la pulpa seca y/o la pajilla adherida (el pergamino), según sea el caso; esta operación se conoce como morteo.

El café oro o verde pasa a otro proceso que es el tostado o torrefacción; esto después de un proceso de selección y clasificación por tamaño, forma, peso y color; que permite obtener diversas categorías de calidad.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Algunos problemas de la caficultura

Como parte de la experiencia en el ejercicio profesional, las charlas e intercambio de experiencias con los productores, técnicos de campo, encargados de beneficios, encargados de compras de café, así como de la literatura consultada a través del tiempo, se enlistan a continuación algunos de los problemas que enfrenta la caficultura mexicana, que relamente son muchísimos desde los agrónomos, los de procesamiento, los ambientales, los de comercialización y los sociales.

Los agrónomos están relacionados con la falta de labores culturales durante el ciclo productivo, porque existen productores que más bien son “recolectores”, puesto que su manejo cultural es casi nulo y sólo dan mantenimiento cuando se aproxima la cosecha. Otro problema es el empobrecimiento de la tierra (baja fertilidad del suelo), así como la escasa o nula aplicación de fertilizantes.

Los problemas de procesamiento tienen que ver con: que, en la práctica, los frutos de café son cosechados en estados de madurez (verde, pintón, maduro, sobremaduro y seco); los frutos pueden estar revueltos con material extraño como: palos, piedras u hojas; o bien, los frutos son procesados de manera incorrecta, lo que demerita la calidad de la taza.

Dentro de los problemas ambientales se encuentran: la aplicación de productos agroquímicos (algunos altamente tóxicos), la deforestación de árboles de sombra en la búsqueda de incrementar el rendimiento y el monocultivo.

En la comercialización el bajo precio tanto de la cereza, como del pergamino convencional puede ser el principal problema.

Algunos de los problemas sociales que suceden en las regiones cafetaleras son: el envejecimiento de la población, la reducción del número de integrantes de las familias y la migración. Aguirre Cuellar et al. (2022) encontraron en la región de Tolima, Colombia, que el 31% de los caficultores tienen menos de 50 años; y también que 73% de las familias de aquella región tienen menos de cuatro integrantes.

Los problemas sociales mencionados traen consigo otros problemas que afectan la producción agropecuaria y de alimentos, la pulverización de la tierra cultivable, la disponibilidad de mano de obra, el ingreso de las familias, la calidad de vida de las familias caficultoras, entre otras muchas cosas.

La comunidad de Tlaviatpan

Tlaviatpan es una pequeña población rural de alta marginación ubicada a 3 km de la ciudad de Huatusco, en la Región de las Altas Montañas de Veracruz, a 1200 msnm aproximadamente. De acuerdo a información proporcionada por la oficina de Gobernación del H. Ayuntamiento de Huatusco (31 de mayo 2023), la mayoría de las 107 familias que ahí habitan cultivan café o se emplean como cortadores de los grandes terratenientes de la comunidad. El dato puede ser inferior al real, pues la titular del Centro de Salud de Tlaviatpan añade 56 familias de Auyantla y 111 de La Patrona (05 de junio del 2023), el Agente municipal mencionó que ambos caseríos son considerados “manzanas” de Tlaviatpan. Las autoridades locales afirman que en Tlaviatpan existen aproximadamente 100 productores con una superficie promedio de 1.5 Ha.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Situación socioeconómica de la población

La oficina de Gobernación afirma que Tlavipectan tiene 1200 habitantes (de los cuales 700 son mayores de 18 años) y 300 viviendas. Los registros del Centro de Salud reportan que: 30% de las viviendas poseen piso de tierra, 50% de cemento y 18% de madera, mosaico y otro recubrimiento (2% no especificado); en cuanto a las paredes, 30% están construidas de materiales ligeros (naturales o precarios), 50% de materiales sólidos y 20% no especificados; los techos son 25% de materiales ligeros o precarios, 65% de materiales sólidos y 10% no especificados. En lo que respecta a los servicios los datos son los siguientes: 80% cuentan con agua entubada, 2% noria o pozo, 10% río, 8% lluvia; 70% tienen fosa séptica, 10% letrina, 20% drenaje y 10% ninguna de las anteriores; 85% cuentan con electricidad; 25% cuentan con servicio municipal de recolección de desechos, 10% entierran sus desechos y 60% los incineran.

El sitio de internet Pueblos de América reporta que 45 habitantes tienen derecho a atención médica por el seguro social, y se ha constatado personalmente que hay pobladores que son derechohabientes del Instituto de Salud y Seguridad Social para los Trabajadores del Estado (ISSSTE) tanto en activo como pensionados.

En lo que respecta a los servicios de educación la comunidad cuenta con escuelas públicas de nivel preescolar, primaria y secundaria.

La Investigación Acción Participativa (IAP)

La IAP como modelo participativo de intervención social que parte de la premisa de que las personas con las que se trabaja deben estar presentes activamente en todo el proceso y en la toma de decisiones. Además de que las acciones se toman en conjunto para la solución de determinadas problemáticas.

Este tipo de investigación parte de los siguientes supuestos: a) Las personas construyen la realidad en que viven, b) Una comunidad tiene desarrollo histórico y cultural previo, c) La investigación, está anclada espacial y temporalmente, d) Las relaciones entre todas las personas deben ser horizontales, e) Toda comunidad posee recursos para su transformación y f) Es deseable, combinan diferentes formas metodológicas (Asún, 2011).

Así, la IAP es una técnica de investigación social que busca educar a la población participante, mediante la psicología social, el anarquismo y la fenomenología, para establecer un diálogo que permita el consenso entre los participantes en un punto particular determinado y busca el cambio social mediante la participación de los sujetos.

De acuerdo con Zapata y Roldán (2016), existen varios tipos de investigación participativa: contractual (dueño), consultiva (lider), colegiada (acuerdos, consensos y equidad) y colaborativa (intercambio, contribuciones, distribución del poder y la toma de decisiones); ésta última era el objetivo que buscaba establecer la presente investigación.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

La hipótesis central de éste, trabajo es que el procesamiento de café en las unidades de producción es una buena alternativa para el desarrollo socioeconómico de las comunidades productoras; es decir, buscando un equilibrio entre el beneficio económico, el cuidado del ambiente y el desarrollo de las capacidades-competencias de la población. La transición de una zona cerecera a una pergaminera tendrá múltiples impactos positivos en las comunidades.

Los **objetivos** del proyecto son:

- Identificar productores de café interesados en la transformación de café cereza a pergamino, apoyarlos para la adquisición de material y equipo necesario.
- Establecer en la comunidad de Tlaviestepan un módulo de beneficiado de café de bajo impacto ambiental, con manejo y reutilización de subproductos (pulpa de café y aguas de lavado).
- Generar herramientas para el acopio de información y análisis de misma, ello permitirá diseñar de una metodología apropiada que permita la transferencia tecnológica y la apropiación del proceso de transformación del grano de café; con miras a una transición de zona cerecera a zona pergaminera.
- Socialización del conocimiento generado por Colegio de Postgraduados Campus Cordoba en materia de procesamiento del grano de café (beneficiado húmedo), manejo de subproductos y calidad de café.
- Facilitar y dar acompañamiento a los actores del sistema producto café (cortadores, productores, autoridades, proveedores de bienes y servicios asociados), hacia una transición tecnológico-productiva que mejore las condiciones medioambientales de la zona, así como la calidad de vida de plantas, animales y personas.

Metas

Establecer módulos familiares de procesamiento de café, con manejo integrado de subproductos que permitan disminuir la huella ecológica de la caficultura de la Región de Huatusco y que permitan obtener café de alto puntaje en taza (café gourmet). A mediano o largo plazo que la Región de Huatusco llegue a ser una zona pergaminera que produzca café de excelente calidad con mínimo impacto al ambiente.

Materiales y Métodos

La investigación se ha llevado a cabo en la comunidad de Tlaviestepan, Huatusco, Ver. Desde noviembre 2022 a la fecha.

El acercamiento

Este proceso se inició estableciendo contacto con un poblador de la comunidad de estudio, con quien se ha tenido comunicación desde 2002, año en que Tlaviestepan ingresó al Padrón

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Nacional Cafetalero, a través del Censo Nacional Cafetalero. A través de él se obtuvo el número telefónico del Agente municipal.

Se platicó con el Agente municipal sobre el proyecto y los objetivos de este. Entonces se planeó junto con él una serie de encuentros y reuniones con los pobladores en diferentes fechas.

El propio Agente municipal explicó que la comunidad está organizada en tres manzanas (Auyantla, Centro y La Patrona) e hizo favor, de presentar personalmente a los representantes de las mismas; a estos representantes se les conoce como “manzanos”.

Las reuniones

Se llevaron a cabo reuniones con la población para dar a conocer el proyecto y poder ir identificando a productores interesados en el procesamiento, productores que ya obtienen café pergamino, la problemática que han enfrentado, algunos de sus temas de interés y la posibilidad de conseguir un terreno donde establecer la planta piloto o módulo demostrativo para el procesamiento del café. Así mismo se fue afinando la estrategia de trabajo.

Talleres de capacitación

Se ofertaron talleres de capacitación en las diferentes operaciones unitarias que integran el proceso de beneficiado de café, tanto beneficiado húmedo como seco, evaluación de la calidad del grano en verde, calidad en taza, manejo de subproductos y bisutería de café.

Seminario de avances de investigación

Como parte de las actividades académicas internas del Colegio de Postgraduados se realizan ciclos de Seminarios de Avances de Investigación cuyos principales objetivos son: dar a conocer las investigaciones que se están realizando en ese momento, la posibilidad de retroalimentación del quehacer investigativo y la posibilidad de mejorar las investigaciones en curso.

Oferta de equipo de procesamiento

Dado que uno de los objetivos del proyecto es el apoyo a las/los productores en la adquisición de equipo de procesamiento de café se realizaron cotizaciones de la maquinaria requerida tanto para el beneficiado húmedo y seco, así como para la torrefacción y el molido del grano.

Pláticas informativas con potenciales compradores internacionales

Finalmente, se ha identificado que el eslabón más débil de la cadena y probablemente el que resulta determinante es la comercialización. Dado que actualmente el Colegio de Postgraduados no cuenta con una agenda de posibles compradores de café que proponer a las y los productores, se les proporcionó la opción que la institución tiene a mano, que es el contacto con una representante de la Organización sin fines de lucro Bean Voyage, la cual se encarga de promover la comercialización de café de alto puntaje en taza en mercados de Asia y Europa.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Otro factor que ha resultado determinante es el sin número de personas físicas y morales que les han defraudado. Por mencionar los más recientes citaré 3: La Unión de Organizaciones cafetaleras, el Cruxtitla y la fortuna. De hecho, la lista podría ser tan amplia que llega a involucrar a los funcionarios municipales de la administración pasada, en la que supuestamente el Ayuntamiento se puso en contacto con un comprador extranjero que solicitó muestras de café de 2 Qq de pergamino para enviarlas a Europa y nunca se les notificó el puntaje en taza o si el productor tuviera la posibilidad de acceder al supuesto mercado que promovían.

En lo que va de la administración municipal actual (2022-2025) lo único que los productores han recibido son plantas de café Anacafé 14. Lamentablemente, la administración ni siquiera cuenta con un registro de productores, y surge la pregunta: ¿Con base en qué se forman las políticas públicas municipales?

Existen casos de éxito, como el de don Serafín, quién fue empleado de la Universidad Autónoma Chapingo y actualmente se encuentra jubilado. Él se ha dedicado al cultivo de café por muchos años, en la UACh aprendió a injertar y ahora vende plántulas de café y café de diferentes calidades directamente con compradores de microlotes que llegan a pagar hasta \$90/kg de café pergamino.

Resultados y discusión

El acercamiento a la comunidad fue bueno, desafortunadamente, los pobladores de Tlavipectan han sufrido robos tanto de particulares como de Organizaciones de Productores Cafetaleros, Beneficios (La Fortuna y Cruxtitla) y hasta de funcionarios municipales de la administración pasada. Eso los ha vuelto desconfiados, reacios a participar y omisos a los llamados e invitaciones tanto del agente municipal como de la que suscribe.

Derivado del acercamiento a la comunidad se sabe de la organización fáctica de la comunidad y de la necesidad de replantear la forma de trabajo que se propuso originalmente en el Proyecto de Investigación para Estancias Posdoctorales por México del CONAHCYT; pues se pudo comprobar que la comunidad no tiene la cultura del trabajo comunitario, por lo que será necesario abrir la posibilidad de trabajar en lo individual con productoras(es) que estén interesados en el procesamiento y el valor agregado a su producción.

Otro de los factores en contra es la carencia de presupuesto para la ejecución del proyecto, puesto que todos los agentes involucrados en el sistema producto café en la comunidad de Tlavipectan esperan recibir algún bien material tangible. Por tanto, al invitarles a trabajar sin un estímulo económico o en especie no resulta atractivo. Además, la posibilidad remota de mejorar sus ingresos a mediano plazo tampoco les interesa.

De acuerdo con la información proporcionada por la médico encargada del Centro de Salud, Tlavipectan es una comunidad que se ha caracterizado por la escasa participación de sus pobladores tanto en campañas de prevención de la salud como en programas de vacunación y otras actividades que organiza dicho centro (cuidado y prevención de: diabetes e hipertensión; enfermedades de transmisión sexual, métodos anticonceptivos, jornadas de promoción de la alimentación sana; detección oportuna de cáncer). Ello es motivo de

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

preocupación y desánimo para el personal de salud, porque a pesar de que Tlavipectan cuenta con su propio centro de salud es el que menos participación registra. Cabe mencionar que el centro de salud atiende a otras cinco comunidades de diferentes municipios (Tepetzingo, Sochibebeca, Metlapoxteca, Cotecontla y Tlaxopa). De hecho, la misma fuente mencionó que a pesar de la cercanía a la ciudad de Huatusco y que ésta cuenta con centros escolares de todos los niveles educativos (incluido el universitario), así como el Sistema Nacional de Becas Benito Juárez (programa federal de cobertura universal para estudiantes de nivel medio superior que no cuenta con ningún tipo de restricción ni condicionamiento) considera que son pocos los jóvenes que van a estudiar la preparatoria o alguna licenciatura. Cabe mencionar que la comunidad sólo cuenta con escuelas de nivel preescolar, primaria y secundaria.

Todos los años de malas políticas públicas caracterizados por el acarreo y la dádiva dificultan los intentos de desarrollo comunitario, porque en ese caso no faltó el atrevido que de plano preguntaba “¿Qué nos van a dar?”, a la respuesta de capacitación mediante cursos y talleres no podían disimular la decepción.

Las reuniones

Las primeras dos reuniones con los pobladores se realizaron en el centro de la comunidad, en casa del jefe de manzana. Dada la escasa participación (4 o 5 personas), y pensando que podía deberse al hecho de que tenían de desplazarse al centro de la comunidad se optó por realizar reuniones en cada una de las tres manzanas. Lamentablemente no se lograron los niveles de asistencia que se esperaban (6 personas en Auyantla y 10 personas en La Patrona), pero se empezó a dar a conocer el proyecto, se fue identificando a productores interesados en el procesamiento, productores que ya obtienen café pergamino, la problemática que han enfrentado, algunos de sus temas de interés y la posibilidad de conseguir un terreno donde establecer la planta piloto o módulo demostrativo para el procesamiento del café. Así mismo se fue afinando la estrategia de trabajo.

También se realizó una reunión en la compra de café que se encuentra próxima a la salida de Huatusco y resultó ser la más concurrida con 12 asistentes. Ahí se nombró un comité que trabajaría los pormenores del proyecto (elegir el terreno en que se instalaría el módulo de beneficiado húmedo de bajo impacto ambiental, debido a que la cosecha ya estaba en pleno se decidió empezar con un secador solar).

Taller de construcción de un secador solar

Este se realizó en la manzana Centro de Tlavipectan, en el techo de una casa, se fabricó con materiales de la región (bambú y madera) y estuvo a cargo del Dr. Victorino Morales Ramos (responsable del Área de Ciencia y Tecnología del Café del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba). Se contó con la participación de estudiantes de la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sostenible (Área de Ciencia y Tecnología del Café), quienes realizaron ésta como su actividad de retribución social ante el Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). También participó el Jefe de campo del Área de ciencia y tecnología del café del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Talleres con niños

En la búsqueda de contribuir al fortalecimiento del tejido social, el arraigo y la educación de calidad, se planteó como nueva estrategia involucrar a la población infantil que cursa el nivel primario en la comunidad de trabajo. De tal manera que se realizaron tres eventos infantiles:

1. “Futuros cafeticultores del mundo – Fomentando la cultura del café de calidad” (Feria)
2. “Beneficiado húmedo de café de bajo impacto ambiental para obtener café honey” (curso teórico- práctico)
3. “Bisutería de café para mamá” (taller)

Es importante mencionar que en la feria se contó con nuevamente con la participación de estudiantes de diferentes áreas de la maestría y doctorado en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sostenible, quienes realizaron ésta como su actividad de retribución social ante el Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT).

Talleres con madres de familia

Se planteó con las madres de la Asociación de Padres de familia la posibilidad de realizar dos talleres: compostaje de residuos de cocina y pulpa de café para la elaboración de fertilizantes orgánicos, y también bisutería de café. Se acordó que esos talleres podrían realizarse al inicio del ciclo escolar 2023-2024.

Intercambio de saberes entre productores

Con base a las observaciones y sugerencias derivadas del Seminario de avances de Investigación mencionado, se realizó un catálogo de cinco opciones de visitas guiadas a ranchos de Puebla (Xicotepec de Juárez y Cuetzalan) y Veracruz (Ixhuatlán del Café y Huatusco), el cual fue presentado al agente municipal, los “manzanos” y la oficina de Gobernación del H. Ayuntamiento de Huatusco. Cabe mencionar que tanto el Regidor 3° como el encargado de Gobernación manifestaron su apoyo para que las personas interesadas puedan viajar en un vehículo del municipio sin costo alguno. Sin embargo, todos los ranchos cobran una cuota de recuperación que va desde los \$150.00 hasta \$5,000.00 por persona.

Oferta de equipo de procesamiento

Se les presentaron dos proveedores potenciales con los costos desglosados por equipo a fin de que puedan decidir de manera individual o colectiva el equipo que se ajuste a su propio presupuesto. Cabe mencionar que los informantes clave de la comunidad mencionan que puede haber hasta 6 familias que cuentan con despulpadora pero sólo 4 beneficiaron la cereza la cosecha pasada (2022-2023). Y dos vendieron café tostado y molido al consumidor final.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Pláticas informativas con potenciales compradores internacionales

Se han agendado pláticas informativas para finales de agosto en Tlaviectepan y en el H. Ayuntamiento de Huatusco, con la finalidad de que las y los productores conozcan la logística y procedimientos que deben cumplirse para el acceso a los mercados diferenciados que maneja Bean Voyage.

Conclusiones

- Se logró identificar a algunos productores de café de la comunidad de Tlaviectepan interesados en la transformación de café cereza a pergamino, y otros interesados en torrefacción y molido. A pesar de que se les apoyó con la cotización de equipo y la construcción de un secador solar tipo invernadero la falta de presupuesto que permita dádivas pudo afectar la participación ya que el proyecto no surgió realmente de una voluntad o necesidad expresa de sus pobladores.
- El módulo de beneficiado de café de bajo impacto ambiental, con manejo y reutilización de subproductos (pulpa de café y aguas de lavado) no ha podido llevarse a cabo porque existe desconfianza entre ellos y aún no se ha logrado llegar a un consenso sobre el lugar donde se establecería, pues los mismos pobladores piensan que el dueño de la tierra puede llegar a apropiarse del módulo y excluir al resto. Por ese motivo se ha planteado con el director de la primaria la posibilidad de que el módulo sea construido dentro de las instalaciones de la escuela, ya que ésta cuenta con su propia parcela escolar sembrada con café.
- Se generaron herramientas para el acopio de información como son: cuestionarios, entrevistas estructuradas y semiestructuradas, así como encuestas rápidas, pero no todas han sido aplicadas.
- Se ha socializado parte del conocimiento generado por Colegio de Postgraduados Campus Córdoba en materia de procesamiento del grano de café (beneficiado húmedo), especialmente en materia de secado y calidad de café, tanto con niños como con productores. Se espera que la participación de las mujeres sea activa a través de la APF y la escuela primaria.
- A pesar de que se han brindado algunas facilidades en cuanto a la creación de espacios de intercambio de saberes y acompañamiento a los productores no se ha obtenido la respuesta que se esperaba. Las autoridades han mostrado interés en mejorar el sistema producto café en Tlaviectepan, pero falta contundencia que permita ejecutar las propuestas. Los proveedores de equipo de procesamiento atienden las solicitudes de cotizaciones, pero no se han dado a la tarea de promover in situ sus productos y servicios.
- Si bien es cierto que la transición tecnológico-productiva que mejore las condiciones medioambientales de la zona cafetalera cerceras es necesario y pertinente será necesario trabajarlo de manera individual para lograr el convencimiento y desarrollar realmente un sentido de apropiación del mismo. Es posible que sólo así pueda mejorarse la calidad de vida de plantas, animales y personas. Sin embargo, hacerlo masivamente es aún una utopía.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

- El ideal de cualquier proyecto de desarrollo es que la población adquiriera conciencia sobre el bien común y un sentido de apropiación de ese proyecto. Ello permitirá hacer frente a los problemas y vicisitudes que sea necesario enfrentar.

Referencias bibliográficas

Aguirre Cuellar, B., Lobo, J. C., & Elcure, F. M. (2022). Shading in family coffee farms as an environmental incentive promoter for ecosystem services in Tolima, Colombia. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20(6), 1015-1027.

Asún H., M. (2011) Psicología de la intervención comunitaria. España. Desclée de Brouwer. p. 47-49.

Benítez-García, É., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., & Mora-Flores, S. (2015). Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 12(2), 181-198. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v12n2/v12n2a4.pdf>

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. 2001, “El mercado del café en México”, CEFP/054/2001, México, disponible en: <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0542001.pdf> (Consultado 07 de agosto 2023).

Coltri, P., Pinto, H., Gonçalves, R., ZulloJunior, J., & Dubreuil, V. (2019). Low levels of shade and climate change adaptation of Arabica coffee in southeastern Brazil. *Heliyon*, 5(2), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01263>

Enríquez, J. P., Retes-Cálix, R. F., & Vásquez-Reyes, E. F. (2020). Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo. *Innovare: Revista de ciencia y tecnología*, 9(3), 149-155.

Escamilla, E., Ruiz, O., Díaz, G., Landeros, C., Platas, D. E., Zamarripa, A., & González, V. A. (2005). El agroecosistema café orgánico en México. Manejo integrado de plagas y agroecología, 76, 5-16. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6135/A1853e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Etana, B., Atickem, A., Tsegaye, D., Bekele, A., De Beenhouwer, M., Hundera, K., ... & Stenseth, N. C. (2021). Traditional shade coffee forest systems act as refuges for medium- and large-sized mammals as natural forest dwindles in Ethiopia. *Biological conservation*, 260, 109219.

Gobierno de México, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022, “Cultivo de café en México”, Blog, México, disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivo-de-cafe-en-mexico>. (Consultado el 07 de agosto 2023).

12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Gobierno de México, Secretaría de agricultura y Desarrollo rural. 2020. “Café la bebida que despierta a México”, [www.gob.mx](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cafe-la-bebida-que-despierta-a-mexico?idiom=es), blog, México, disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cafe-la-bebida-que-despierta-a-mexico?idiom=es> (Consultado 07 de agosto 2023).

Koutouleas, A., Sarzynski, T., Bertrand, B., Bordeaux, M., Bosselmann, A. S., Campa, C., ... & Ræbild, A. (2022). Shade effects on yield across different Coffea arabica cultivars—how much is too much? A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(4), 55.

Pérez, P. (2009). Los espacios de producción de café sustentable en México en los inicios del siglo XXI. *Pueblos y fronteras*, 4 (7), 116-156. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rpfd/v4n7/1870-4115-rpfd-4-07-00116.pdf>

Pueblos de México en internet, Pueblos de México, sin fecha de publicación, “Tlaviçtepan (Veracruz de Ignacio de la Llave)” disponible en: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/tlaviçtepan/> (Consultado 07 de agosto 2023).

Rojas Martínez, Agustín y Torres Torres, F. (2019). Suelo agrícola en México: Retrospección y prospectiva para la seguridad alimentaria. Realidad, datos y espacio. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 9 (3), 137-155.

Senbeta, A. F., Sime, G., & Struik, P. (2022). Enset farming system—a resilient, climate-robust production system in South and South-Western Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 8(1), 2074626.

Zapata, F. y Roldán, V. (2016) La investigación – acción participativa. Guía conceptual y metodológica del Instituto de Montaña. Perú. Instituto de la Montaña. pp. 13-14.

12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Ensilaje de hojas de agave en Guanajuato, México: una alternativa de negocio

Ma. de Lourdes Pérez Zavala^{8*}, J. Martín González Elías⁹, José E. Barboza Corona¹⁰

Resumen

En México de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) en el periodo de 2018 a 2022 se cosecharon en promedio 26,562 ha de agave, generando 1,851,289 t. concentrándose en los Estados de Jalisco el 48.6%, Guanajuato el 16% y Oaxaca con 10.8% de la superficie cosechada a nivel nacional. En el mismo periodo, en Guanajuato se cosecharon en promedio 4,138 ha por año, generando 273,586 t. de hojas, considerando que, por cada kilogramo de piña, se desperdicia casi un kilogramo de hoja en el campo. Las hojas del agave tienen múltiples aplicaciones, pero han sido poco usadas y transformadas. El objetivo de este trabajo fue obtener los costos de colecta, traslado y ensilado de hojas de agave (CTEHA) en dos comunidades de Guanajuato México para determinar si el proceso es viable, y pueden generar ganancias u ahorro si los ensilados se venden o se utiliza para alimento de sus propios animales. Se determinó que los costos de CTEHA en la Grulla y San Vicente fueron de 1.69 y 1.51 pesos/kg de ensilado, respectivamente; generando ingresos extras de 0.31 y 0.49 pesos/kg si se vendiera a un precio de mercado de 2 pesos/kg. Lo anterior indica que la Relación Beneficio Costo (RBC) es rentable. Adicionalmente, en Guanajuato se producen toneladas de hojas de agave que al ensilarse pueden generar un negocio adicional y rentable para el agavero o para la persona que desee recolectar las hojas.

Palabras clave: Agave spp, ensilado, negocio, costos, rentable.

⁸ * Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal Km. 9, Carretera Irapuato-Silao, Irapuato, 36500 Guanajuato, México. Correo electrónico: mlperez@ugto.mx

⁹ Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal Km. 9, Carretera Irapuato-Silao, Irapuato, 36500 Guanajuato, México. Correo electrónico: mgonzaleze@ugto.mx

¹⁰ Departamento de Alimentos, Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal Km. 9, Carretera Irapuato-Silao, Irapuato, 36500 Guanajuato, México. Correo electrónico: josebar@ugto.mx

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Introducción

Los agaves o magueyes están conectados a la cultura e historia de México. Estas plantas tienen aplicaciones en diversas áreas como en la alimentaria, farmacéutica, ambiental, agrícola, cosmética, estética, y de bebidas, entre otras.

El uso más común del agave es como materia prima en la elaboración de una de las bebidas más famosas a nivel mundial, el tequila (Valenzuela, 2006).

Para la elaboración del tequila se usa la piña, la cual contiene los azúcares necesarios para llevar a cabo la fermentación alcohólica, principio activo de las bebidas espirituosas. De hecho, la piña es el único producto que le venden los agaveros a las tequileras. Durante la cosecha del agave conocida como jima, las hojas de la planta normalmente son abandonadas en el campo, lugar donde después de un periodo prolongado son finalmente degradadas por bacterias y hongos que se asocian a las hojas, o bien son incineradas en la propia parcela después de varios meses de haberse jimado, esto trae como consecuencia graves afectaciones ambientales, por un lado se altera negativamente la microbiota del suelo y se elimina parte del Nitrógeno del mismo (similar a lo que ocurre con la quema de rastrojos de cereales y leguminosas), y por otra parte se estima que se generan cientos de toneladas de CO₂/ha al quemar este residuo, lo que contribuye a incrementar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) causantes del Cambio Climático (Frías-Hernández, 2020 comunicación personal).

Las hojas de agave son ricas en diversos azúcares por lo que puede ensilarse a través de un proceso fermentativo ausente de oxígeno a través de bacterias, como las ácido-lácticas, las cuales se encuentran en la superficie de las hojas y posteriormente transformarlo en forraje, ya que este proceso permite conservarlo en buen estado durante meses, y reduce la concentración de saponinas agregando un valor nutricional y comercial (Garcés *et al.* 2004; Pinos-Rodríguez *et al.* 2006).

El uso del forraje ensilado de agave usado como opción de alimento ayudará a reducir la mortalidad de animales domésticos en la temporada de sequía (ejemplo ovejas, cabras, vacas), además que desde un punto de vista ambiental al no quemar las hojas se contribuye a disminuir la contaminación ambiental (Pinos-Rodríguez *et al.* 2006; Pinos-Rodríguez *et al.* 200; Parra-Negrete & Tortolero-Cervantes, 2016; Cummins, 2020).

La producción de ensilados a partir de hojas de agave puede tener dos finalidades: (i) Para autoconsumo por los agaveros que cuentan con ganado Caprino, Ovino o Bovino lo cual les permitiría reducir la compra de forraje y por lo tanto reduce los costos de alimentación. (ii) Para la comercialización, generando ganancias extras además de la venta de la piña. En este sentido, nuestro trabajo se enfoca en el segundo planteamiento. Aun cuando existen reportes relacionados con los diferentes procesos para ensilar hojas de agave y otros forrajes (Pinos-Rodríguez *et al.* 2009; Reta Sanchez *et al.* 2015), así como los costos finales de ensilaje de algunos productos como la avena forrajera (Villalobos-Villalobos *et al.* 2015) y pulpa de

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

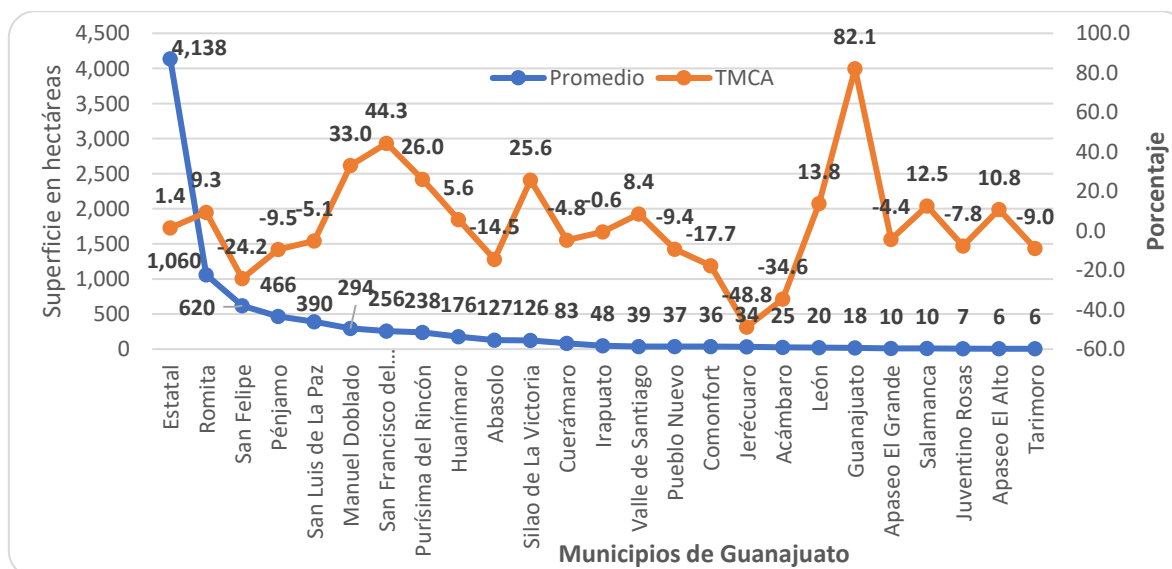
Chapingo, México

naranja (Morales González *et al.* 2009); no existen publicaciones relacionadas con los costos que se generan desde la colecta, traslado y ensilado de hojas de agave (CTEHA).

En México según reportes del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) en el periodo de 2018 a 2022 se cosecharon en promedio 26,562 ha de agave, generando 1,851,289 t. Concentrando en Jalisco, el 48.6%, Guanajuato el 16% y Oaxaca el 10.8%. de la superficie cosechada a nivel nacional.

En Guanajuato se cosecharon en promedio 4,138 ha por año durante el periodo de análisis de 2018 a 2022, generando 273,586 t. de hojas. Considerando que, por cada kilogramo de piña, se desperdicia casi un kilogramo de hoja en el campo.

La gráfica 1 muestra la superficie cosechada en promedio de agave y la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) durante el periodo de 2018 a 2022 en el estado de Guanajuato, México.



Gráfica 1. Superficie cosechada de agave en promedio de periodo de 2018 a 2022 en hectárea

El estado de Guanajuato es considerado como el segundo productor de Agave del país con una superficie cosechada en el periodo de análisis de 2018 a 2022 de 4,138 ha. y generando 709,332 t. de hojas, cuenta con 7 municipios con denominación de origen para producción de agave tequilana Weber Var. Azul, esto ha representado un crecimiento en la apertura de tequileras y mezcaleras dentro del territorio estatal lo que provoca una gran demanda del producto (la piña) de acuerdo con la TMCA de 1.4% lo que ocasiona que se dejen en el campo cientos de toneladas de hojas de agave.

El objetivo de este trabajo fue obtener los costos de colecta, traslado y ensilado de hojas de agave (CTEHA) en dos comunidades de Guanajuato, México. Para calcular el ingreso económico y la relación beneficio costo y proponer esta actividad poco valorizada por los productores de agave, como una alternativa de negocio, que es el ensilaje de hojas de agave,

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

como una opción adicional de ingreso para el productor al venderse como forraje o un ahorro al ser utilizado para alimento de sus propios animales.

Materiales y métodos

Para calcular los costos CTEHA, se utilizó la información recabada de dos productores en dos campos de cultivo de *A. tequilana* weber variedad azul localizados en los ejidos de la Grulla y San Vicente. Estos predios pertenecen a los municipios de San Francisco del Rincón e Irapuato, respectivamente, ambos localizados en el estado de Guanajuato, México.

La información se recabo de dos formas: (a) Durante la jima las hojas fueron separadas de las piñas y recogidas de forma manual (en La Grulla) y mecánica (en San Vicente). Sea cual fuera el caso, solo se seleccionaron las hojas en buen estado, es decir, que no estaban secas. Las hojas que fueron recogidas de manera manual se colocaron en un remolque y después fueron trasladadas a un sitio de almacenamiento dentro del mismo predio. La colecta mecánica de las hojas fue realizada en dos pasos, primero se apilaron con rastrillo tirado por tractor, después se acopiaron con una retroexcavadora, y se colocaron en un camión de carga para ser transportadas a un almacén ubicado en Salamanca, Guanajuato, México. (b) Para determinar los costos de procesamiento y ensilado de las hojas de agave, se realizó un registro en una tabla en Microsoft Excel version 16.30 anotando los costos incurridos para el proceso como son, los de la máquina trituradora de hojas de agave, bolsas para ensilar, urea y mano de obra, entre otros. Con base en nuestra información recabada, si se trata de *A. tequila* Weber var. azul, utilizando 1 kg de hojas se obtiene aproximadamente o igual a 1 kg de ensilado (información de campo).

El costo de los insumos para realizar el ensilado se determinó a través de consultas en tiendas electrónicas especializadas en productos para ensilar, y visitando directamente las tiendas locales ubicadas en Irapuato, Guanajuato. Posteriormente para comparar precios se visitaron 3 forrajeras en Irapuato para conocer a que tipo de animales están más dirigidos los forrajes comerciales y sus precios. Se registró de que material están hechos los ensilados en venta, y se calculó el precio del forraje ensilado de agave.

También se calculó la Relación Beneficio Costo (RBC) para dictaminar la eficiencia de la inversión al producir el ensilaje de agave, es decir, en cuanto es redituable dicha inversión para esta alternativa de negocio.

Finalmente, con la información del SIAP, 2022 sobre superficie cosechada de agave se estimó la producción de toneladas en hojas de agave y de ensilado y con base a esa información determinar los probables ingresos que se generarían al ensilarlas y comercializarlas, considerándose que una hectárea cosechada de agave produce mínimo 60-100 toneladas ya que dependerá de los años en que este sea cosechado, que va de 5 a 8 años (tecno-agave 2022), es decir, una tonelada de piña produce una tonelada de hojas de agave y esta produce una tonelada de ensilaje. Se decidió analizar la información relacionada con la agave reportada en el SIAP, 2022, durante un periodo de 5 años (2018 al 2022).

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Resultados

Colecta y traslado de las hojas de *A. tequilana* weber variedad azul en La Grulla y San Vicente

Solamente se calcularon los costos que se generan al recoger las hojas de agave y trasladarlas del campo de cultivo a un sitio de almacén para proceder a la trituration y posterior el ensilado.

En el predio ubicado en la comunidad de la Grulla la recolección de las hojas de agave se realizó de forma manual. Por otro lado, para recoger las hojas en la comunidad de San Vicente, se rentó una máquina rastrilladora y cargadora.

Costos para el procesamiento y ensilado de las hojas de agave azul de la Grulla

Para determinar los costos de procesamiento y transformación de las hojas del agave azul en forraje, se consideraron los costos incurridos para recolectar, transportar y almacenar las hojas como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Costos de colecta y procesamiento de las hojas de agave azul en la Grulla en el año 2020*

Descripción	Precio unitario (pesos)	Costo total (pesos)
Renta de máquina trituradora	1,500	3,000
Renta del tractor	375	750
Bolsas para ensilado	1.5	300
Gasolina, luz	-	300
Costal de Urea de 50 kg (embace)	350	350
Mano de obra por el acopio de hojas	630	1,890
Mano de obra por el proceso de ensilado	630	1,860
Costo total 5 t de ensilado	-	8,450

* 1 kg de agave azul produce aproximadamente 1 kg de ensilado

Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo.

El costo total asciende a 8,450 pesos, cabe destacar que no se considera la jima de las hojas, ese costo está incluido en el costo de la producción de tequila y los cálculos se hicieron en base a 5 toneladas de hojas que el productor ensilo. Es decir, el costo del ensilaje por tonelada fue de 1,690 pesos.

También se realizó una consulta en diversas tiendas, donde se registró que los forrajes que se comercializan están elaborados principalmente de maíz, sorgo, alfalfa molida, maleza de caña, pastas oleaginosas, y pulpa de cítricos, entre otros. Estos forrajes están dirigidos principalmente a ganado bovino, caprino y ovino con precios que varían entre 3 a 5 pesos/kg.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Considerando que el ensilado de agave descrito en este trabajo se vendiera a un precio de mercado de 2.0 pesos/kg, se obtendría un ingreso de 10,000 pesos (5,000 kg x 2.0). Ya que el monto de procesar 5,000 kg de hojas de agave en forraje ensilado es de 8,450 pesos, el costo por kilogramo de ensilado es de 1.69 pesos (Cuadro 1). Si se comercializara a 2 pesos/kg la ganancia sería de 0.31 por kg. Esto indica que si el dueño de un cultivo de agave tuviera las condiciones (por ejemplo, espacio para procesamiento, almacenamiento) y deseos de ensilar las hojas para comercialización, siguiendo el procedimiento similar al descrito para la Grulla, podría tener un ingreso extra de 1,550 pesos (10,000 – 8,450 pesos) por cada 5 toneladas de hojas.

Esto desde un punto de vista económico es favorable ya que estaría obteniendo un ingreso adicional al procesar un subproducto del agave el cual es habitualmente desechado.

Costos para el procesamiento y ensilado de las hojas de agave azul de San Vicente

En la comunidad de San Vicente se recogieron mecánicamente 67.2 toneladas de hojas de agave, el cual generó un costo total de 44,479 pesos, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Costos de colecta y procesamiento de las hojas de agave azul en San Vicente en el año 2020*

Descripción	Precio unitario (pesos)	Costo total (pesos)
Renta de máquina trituradora	x	3,000
Costales de rafia	9.25	13,875
Agua, luz	-	500
Costales de urea de 50 kg (envase)	350	4,704
Renta de rastrillo	500	2,000
Renta de Cargadora de hojas de agave	550	4,400
Flete de hojas para ensilar	2,500	15,000
Mano de obra por el proceso de ensilado		1,000
Costo total de 67,200 kg de ensilado	-	44,479

* 1 kg de agave azul produce aproximadamente 1 kg de ensilado

Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo.

Al igual que lo que se describió previamente, si las 67.2 toneladas del producto ensilado en la comunidad de San Vicente se comercializara a un precio inicial de 2 pesos por kg, se obtendría un ingreso de 134,400 pesos. El costo de producción de ensilar 67,200 kg fue de 44,479 pesos, es decir 1.51 pesos/kg ensilado, obteniéndose una ganancia neta de 0.49/ kg al comercializar el ensilado a 2 pesos/kg.

Una vez obtenida la estructura de costos y e ingresos. Tomando en cuenta que en promedio una hectárea de agave en Guanajuato produce 76.9 toneladas de piña y esta tiene la misma conversión de hojas agave por lo tanto serían 76.9 toneladas de hojas de este y se procedió a calcular la RBC. Como se muestra en el Cuadro 3.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

En la forma manual con el productor de la comunidad la Grulla se ensilo el 6.5% de una hectárea, donde su RBC= 1.18 pesos, lo que significa que por cada peso invertido se obtiene una ganancia de 18 centavos.

Cuadro 3. Relación beneficio Costo del ensilado de agave por parcela en el año 2020

PARCELA	Costo total	Ingreso total	Relación Beneficio-Costo
La Grulla	8,450	10,000	1.18
San Vicente	44,479	134,400	3.02

Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo.

En la forma mecánica con el productor de la comunidad San Vicente se ensilo el 87.3% de la hectárea, obteniendo una RBC= 3.02 pesos, es decir, por cada peso invertido obtiene de ganancia 2.02 pesos, esta proporción se debe a las economías de escala generadas durante el proceso de ensilaje, es decir, la optimización de los recursos utilizados para la elaboración de este. Por lo tanto, de acuerdo con estos cálculos se reafirma que el ensilaje de hojas de agave es una alternativa de negocio para el productor agavero o para cualquier persona que tenga la autorización de recolectar dichas hojas.

Hojas de *Agave spp.* en el Estado de Guanajuato

De acuerdo con lo reportado por el SIAP, 2022 del 2018 al 2022 en el Estado de Guanajuato se tuvo una producción 309,732 toneladas de *Agave spp.* (diferentes especies de agave), con una TMCA de 3.1 de incremento por año en la producción estatal, como ya se menciona hay una relación 1:1:1, es decir, un kilogramo de piña da un kilogramo de hojas y un kilogramo de estas da un kilogramo de ensilaje.

El 51.3% de la producción en el estado de Guanajuato la aportan tres, ocupando el primer lugar el municipio de Romita con 90,227 toneladas y una TMCA de 7.4%, los que significa que su producción se ha venido incrementando en este porcentaje en promedio por año, seguido de San Felipe aporta en promedio por año 39,237 toneladas con TMCA negativa de 23.3, es decir su producción a descendió en ese porcentaje cada año en este periodo y Pénjamo 29,298 toneladas y una TMCA negativa de 10.6%. Como se muestra en el Cuadro 5.

Con relación al *A. tequilana* Weber var. azul (agave empleado para elaborar el tequila), el Consejo Regulador del Tequila (CRT) reporta que en Guanajuato existen 7 municipios que cuentan con denominación de origen: Abasolo, Cuerámara, Huanímaro, Pénjamo, Manuel Doblado, Purísima del Rincón y Romita. Del 2018-2022, Romita tuvo la mayor producción de *A. tequilana* Weber var. azul (90,227 toneladas), Pénjamo (29,298 toneladas), Purísima del Rincón (21,492 toneladas), Manuel Doblado (20,498 toneladas), Abasolo (9,094 toneladas) y Cuerámara (5,820 toneladas). Como se muestra en el cuadro 4. El total de agave azul producido por estos municipios durante ese periodo fue de 195,220 toneladas.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

Cuadro 4. Municipios productores de agave en Guanajuato del 2018 al 2022, con denominación de origen toneladas

Municipio	Promedio	%	TMCA
Romita	90,227	29.1	7.4
Pénjamo	29,298	9.5	-10.6
Purísima del Rincón	21,492	6.9	26.2
Manuel Doblado	20,498	6.6	-1.6
Huanímaro	18,791	6.1	34.9
Abasolo	9,094	2.9	-13.6
Cuerámara	5,820	1.9	-4.8

Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo con datos del SIAP.

En las estadísticas que se reportan en el CRT y en el SIAP se manejan toneladas de agave, aunque en el sentido estricto son toneladas de piña, ya que son las que se pesan durante el proceso de compra/venta para la producción de las bebidas espirituosas. Con esta información y si se considera que el peso de las hojas es casi igual al de las piñas (Iñiguez-Covarrubias *et al.* 2001; Pérez-Zavala *et al.* 2020), se estima que durante el periodo de 2018 a 2022 en Guanajuato se generaron aproximadamente 114,512 toneladas de hojas de *Agave spp.*, de las cuales 390,732 toneladas debieron ser hojas de *A. tequilana* Weber var. azul, si se toma en cuenta que en los municipios con denominación de origen del tequila solo se cultiva este tipo de agave.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Cuadro 5. Municipios productores de agave en Guanajuato del 2018 al 2022 en toneladas.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo con datos del SIAP

Municipio Estatal	2018	2019	2020	2021	2022	Promedio	%	TMCA
	329,487	237,138	273,586	325,338	383,113	309,732	100.0	3.1
Romita	71,600	96,891	90,712	89,430	102,500	90,227	29.1	7.4
San Felipe	104,000	29,009	14,576	21,000	27,600	39,237	12.7	-23.3
Pénjamo	60,480	11,300	11,924	28,272	34,512	29,298	9.5	-10.6
San Francisco del Rincón	7,280	17,210	18,300	25,701	45,250	22,748	7.3	44.1
Purísima del Rincón	9,988	15,970	23,000	26,524	31,980	21,492	6.9	26.2
San Luis de La Paz			27,900	47,992	26,600	20,498	6.6	-1.6
Manuel Doblado		18,110		31,346	44,500	18,791	6.1	34.9
Huanímaro	11,370	10,890	11,100	14,272	16,380	12,802	4.1	7.6
Silao de La Victoria	6,920	10,454	5,238	9,756	20,500	10,574	3.4	24.3
San José Iturbide	10,950		41,548	0	0	10,500	3.4	-100.0
Abasolo	17,403	6,020	6,750	6,935	8,360	9,094	2.9	-13.6
Cuerámara	8,186	4,631	5,000	4,893	6,390	5,820	1.9	-4.8
Irapuato	1,412	4,174	4,877	4,548	2,880	3,578	1.2	15.3
Pueblo Nuevo	1,472	3,328	3,535	3,359	1,875	2,714	0.9	5.0
Comonfort	4,400	1,435	1,106	1,071	1,075	1,817	0.6	-24.6
Valle de Santiago	900	1,900	2,140	2,397	1,125	1,692	0.5	4.6
Jerécuaro	6,350	1,229		290	291	1,632	0.5	-46.0
León	0	1,365	1,470	1,425	2,880	1,428	0.5	20.5
Guanajuato	174	489	824	2,356	3,160	1,401	0.5	78.6
Acámbaro	4,540		870	741	792	1,389	0.4	-29.5
Salamanca	0	650	910	921	1,542	805	0.3	24.1
Apaseo El Grande	630	808	576	543	480	607	0.2	-5.3
Juventino Rosas	714	380	313	307	488	440	0.1	-7.3
Tarimoro	534	398	259	315	305	362	0.1	-10.6
Apaseo El Alto	184	497	369	353	290	339	0.1	9.6
Celaya					1,001	200	0.1	0.0
Tarandacuao			288	292	252	167	0.1	-4.3
San Miguel de Allende	0	0	0	108	106	43	0.0	-1.1
Villagrán				192	0	38	0.0	-100.0

Ingresos por las Hojas de Agave spp. en el Estado de Guanajuato

Tomando el promedio ponderado de la ganancia generada por ensilar de acuerdo con el productor manual y mecanizada y establecida en el Cuadro 3, que es de 41,984 pesos por hectárea, se proyecta la ganancia por municipio de acuerdo a la producción de agave del Cuadro 4, que se obtendría o que se está dejando de ganar por no realizar esta alternativa de negocio, como se muestra en el cuadro 6.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Cuadro 6. Ingreso proyectado por la venta de ensilaje de agave en Guanajuato del 2018 al 2022 en pesos

Municipios	Toneladas de ensilaje	Ingreso
Romita	90,227	3,788,068,595
Pénjamo	29,298	1,230,023,805
Purísima del Rincón	21,492	902,330,097
Manuel Doblado	20,498	860,603,122
Huanímaro	18,791	788,928,179
Abasolo	9,094	381,784,947
Cuerámara	5,820	244,344,717

Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo y con datos del SIAP.

Discusión

El objetivo de este trabajo fue mostrar que las hojas del agave pueden ser una fuente alternativa para la producción de forraje ensilado que generen un ingreso extra para los agaveros. Lo anterior puede estimular el **consumo** aprovechándolo en forma de ensilado **como** un subproducto del agave el cual regularmente no es utilizado (Escoto-García *et al.* 2006; Davis *et al.* 2015; Stewart *et al.* 2015; Arreola-Vargas *et al.* 2016; López-Romero *et al.* 2018), y quizás acrecentar el cultivo de una planta tan noble (el agave), que a diferencia de otros cultivos, requiere menos agua y es más resistentes a las altas temperaturas (Davis *et al.* 2015; Reta-Sanchez *et al.* 2015; López Feldman & Hernández-Cortés 2016).

El proceso CTEHA se realizó de manera particular con *A. tequilana* Weber var. azul en dos comunidades del Estado de Guanajuato. Una vez que se llevó a cabo la jima, las hojas de agave se recogieron y se llevaron a un lugar específico para ensilarse. En el caso de la Grulla, en ensilaje fue dentro de las mismas instalaciones del predio, mientras que, en San Vicente, las hojas se trasladaron a una bodega en Salamanca, Guanajuato. Tanto el costo generado al recoger y ensilar las hojas de agave azul por kilogramo, el costo total del ensilaje fue ligeramente mayor en la Grulla que en San Vicente. Por ejemplo, el costo generado al recoger las hojas manualmente en la Grulla fue de 0.378 pesos por kg de hoja, y en San Vicente, que se recogió de manera mecánica fue de 0.3184 pesos.

Similarmente, el costo total para producir 1 kg de ensilado de hoja de agave azul en la Grulla fue de 1.69 pesos, mientras que en San Vicente fue de 1.51 pesos. Ya que el proceso de ensilaje es el mismo, consideramos que la pequeña diferencia puede ser debida al método en que se colectaron las hojas. La información generada sugiere que la colecta mecánica es recomendable sobre la manual. Adicionalmente, se considera que desde un punto de vista práctico la colecta mecánica es recomendable sobre la manual ya que colectan más hojas en menos tiempo. Además, aumenta la seguridad ya que los trabajadores no tienen contacto directo con las espinas de las hojas del agave, las cuales pueden ocasionar heridas, o bien dermatitis irritativa por contacto con la savia como sucede con *A. americana* (De la Cueva *et al.* 2005).

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Lamentablemente no se puede comparar los costos obtenidos en este trabajo del proceso CTEHA con el *A. tequila* Wever var. azul, con la CTEHA de otros trabajos, ya que no se encontraron reportes similares. Dichos trabajos están dirigidos principalmente a explicar el proceso y composición de los ensilados de agave, así como su efecto sobre los animales que lo consumen (Pinos-Rodríguez *et al.* 2006, 2009; Nasri *et al.* 2012; Álvarez-Fuentes *et al.* 2015). Comparar los datos generados con otros tipos de ensilados es un poco complicado, principalmente por el tipo de material que se ensila, los diferentes métodos del proceso (ensilado), y que los insumos para el proceso pueden variar de precio dependiendo del lugar (país, estado, región, etc.) (Villalobos-Villalobos *et al.* 2015).

Los siguiente son costos de ensilaje reportados para ensilados en Costa Rica, para la conversión en colones costarricenses a pesos mexicanos se tomó un tipo de cambio 1 peso mexicano por 25.66 colones (Mataf, 2020). Por ejemplo, la avena forrajera tiene un costo aproximado de 1.28 pesos en trinchera y 1.48 pesos, en montón; el ensilado de maíz de 0.97 pesos, en trinchera y 1.48 pesos en montón; mientras que el del sorgo es de 0.39 pesos en montón (Villalobos-Villalobos *et al.* 2015). Además, para ensilar la pulpa de naranja y obtener kilogramos de ensilaje fresco o en base seca tuvo un costo de 0.91 pesos, y 5.37 pesos (Morales González *et al.* 2009). Aun cuando no pueda hacerse una comparación directa con los resultados obtenidos en este trabajo, el costo por kg del ensilado (1.69 pesos, 1.51 pesos) obtenido con las hojas de agave azul se aproxima al de algunos de los ensilados, por ejemplo, al de avena forrajera y al ensilado de maíz en montón (Villalobos-Villalobos *et al.* 2015).

Los datos consultados en el SIAP y CRT, y considerando que 1 kg de piña de agave representa casi el mismo peso que las hojas (Iñiguez *et al.* 2001), se estimó que en Guanajuato durante un periodo de 5 años (2018-2022) se generaron más de un millón de toneladas hojas de *Agave* spp. (Cuadro 5). Por otro lado, los municipios como Romita, Pénjamo, Manuel Doblado, Purísima del Rincón, Abasolo, Cuerámara y Huanímaro que tienen denominación de origen del tequila, generaron por si solos el 63.76% de las hojas de agave producidas en el Estado de Guanajuato durante el periodo del 2018 al 2022 (SIAP, 2022). Lo anterior muestra, la cantidad de hojas de *Agave* spp que se generan en Guanajuato cuyo ensilaje podría ser una fuente importante de ingreso extra para los productores de agave.

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de los datos generados en este trabajo indican que las hojas de agave al ensilarse como un subproducto alimenticio para el ganado es una alternativa de negocio ya que generan ingresos adicionales a la venta de la piña, y que, a pesar del reducido número de comunidades estudiadas, el proceso es una opción viable de ingreso económico. Trabajos futuros deberán enfocarse, entre otras cosas a: (i) Realizar encuestas entre los agaveros para detectar si tienen interés en ensilar las hojas del agave para su comercialización o autoconsumo de su propio ganado, y a los ganaderos y tiendas especializadas mencionarles que es una alternativa de alimento para el ganado tomando en cuenta el costo de oportunidad. (ii) Proponer un modelo de negocios sostenible.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos el ensilaje de hojas de agave en Guanajuato, México si es una alternativa de negocio viable o una alternativa de negocio rentable para el productor agavero o para cualquier otro productor que tenga la concesión o autorización de recolectar dichas hojas.

Es muy significativo la ganancia obtenida por ensilar las hojas de agave que la obtenida en los cultivos básicos.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Fuentes, G., García-López, J.C., Pino-Rodríguez, J.M., Jasso-Pineda, Y., Tristán-Patiño, F.M., & González-Garduño, R. (2015). Maguey (*Agave* spp.) silage production with either alfalfa or mesquite pod meal as protein source. *Journal of Animal and Plant Science*, 24(1), 3714-3721. <https://www.m.elewa.org/JAPS/2015/24.1/3.pdf>
- Arreola-Vargas, J., Flores-Larios, A., González-Álvarez, V., Corona-González, R.I., & Méndez-Acosta, H.O. (2016). Single and two-stage anaerobic digestion for hydrogen and methane production from acid and enzymatic hydrolysates of *Agave tequilana* bagasse. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 897-904. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.11.016>
- Bautista-Justo, M., García-Oropeza, L., Barboza-Corona, J.E., & Parra- Negrete, Luis Antonio (2001). El Agave tequilana Weber y la producción de tequila. *Acta Universitaria*, 11, 26-34. <https://doi.org/10.15174/au.2001.301>
- Chávez-Romero, R., Flores-Morales, A., Yee-Madeira, H.T., García-Zebadúa, J.C., González-Montoya, M., & Mora-Escobedo, R. (2018). Disintegration treatments of *Agave Salmiana* waste: Lignocellulose characterization by physicochemical, thermogravimetric and spectroscopic studies. *Revista Bio Ciencias*, 5, e500. <https://doi.org/10.15741/revbio.05.e500>
- CRM, Consejo Regulador del Mezcal (2020) disponible en www.crm.org.mx
- CRT, Consejo Regulador del Tequila (2020), disponible en: www.crt.org.mx
- Corbin, K.R., Byrt, C.S., Bauer, S., DeBolt, S., Chambers, D., Holtum, J.A.M., Karem, G., Henderson, M., Lahnstein, J., Beahan, C.T., Bacic, A., Fincher, G.B., Betts, N.S., & Burton, R.A. (2015). Prospecting for energy-rich renewable raw materials: Agave leaf case study. *PLoS ONE* 10, 8, e0135382. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135382>
- Cummins R. (2020). El poder del agave: como un revolucionario sistema agroforestal y de pastoreo en México puede ayudar a revertir el calentamiento global. Regeneration International. En: <https://regenerationinternational.org/2020/02/28/el-poder-del-agave-como-un-revolucionario-sistema-agroforestal-y-de-pastoreo-en-mexico-puede-ayudar-a-revertir-el-calentamiento-global/>
- De la Cueva, P., González-Carrascosa, M., Campos, M., Leis, V., Suárez, R., & Lázaro, P. (2005). Dermatitis de contacto por *Agave americana*. *Actas Dermo-Sifiliográficas*. 96(8), 534-536. [https://doi.org/10.1016/S0001-7310\(05\)73128-8](https://doi.org/10.1016/S0001-7310(05)73128-8)
- Davis, S.C., Ming, R., LeBauer, D.S., & Long S.P. (2015). Toward systems-level analysis of agricultural production from crassulacean acid metabolism (CAM): scaling from cell to

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

- commercial production. *New Phytologist*, 208, 66-72.
<https://doi.org/10.1111/nph.13522>.
- Escoto-García, T., Vivanco-Castellano, E.M., Lomelí-García, M.G., & Arias-García, A. (2006). Fermentative-chemical and mechanical treatment of agave bagasse (*Agave tequilana* Weber) for its application in hand crafted paper. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 5(1), 23-27. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62009905>
- Garcés Molina, A., Berrio Roa, L., Ruíz Alzate, S., Serna D'León J., & Builes Arango A (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación* 1(1), 66-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511010>
- Gutiérrez-Coronado, M.L., Acevedo-Félix, E., & Valenzuela-Quintana A.I. (2007). Industria del bacanora y su proceso de producción. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 5, 394-404. <https://doi.org/10.1080/11358120709487718>
- Illsey-Granich, C., Giovannucci, D., & Bautista C. (2009). La dinámica territorial de la zona mezcalera de Oaxaca, entre la cultura y el comercio, Ciudad de México, México, Grupo de Estudios Ambientales, A.C. http://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2013/03/22_rimisp_Cardumen.pdf
- Iñiguez-Covarrubias, G., Diaz-Teres, R., Sanjuan-Dueñas, R., Anzaldo-Hernández, J., & Rowell, R.M. (2001). Utilization of by-products from the tequila industry, Part 2: potential value of *Agave tequilana* Weber azul leaves. *Bioresource Technology* 77(2), 101-108. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00167-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00167-X)
- López Feldman, A.J., & Hernández Cortés, D (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332), 459-496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- López-Romero, J.C., Ayala-Zavala, J.F., González-Aguilar, G.A., Peña-Ramos, E.A., & González-Ríos, H. (2018). Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *Journal of the Food Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2461-2474. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8738>
- Mataf (2020), consulta realizada el 22 de junio de 2020, <https://www.mataf.net/es/cambio/divisas-MXN-CRC>
- Morales González, J., Cruz Méndez, A., Acuña Redondo, V., Dobles Gutiérrez, F., & Bolaños González, J.L. (2009). Evaluación de la calidad y el costo de ensilaje de pulpa de naranja elaborado en bolsas de polietileno. *Alcances Tecnológicos*, 7(1), 5-18. <https://doi.org/10.35486/at.v7i1.55>
- Nasri, S., & Salem, B. (2012). Effect of oral administration of *Agave americana* or Quillaja Saponaria extracts on digestion and growth of Barbaribe female lamb. *Livest Sci* 147(1-3), 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.04.001>
- Pérez-Zavala, M.D.L., Hernández-Arzaba, J.C., Bideshi, D.K., & Barboza-Corona J.E. (2020). Agave: A natural renewable resource with multiple applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5324-5433. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10586>
- Parra-Negrete, L.A., & Tortolero-Cervantes, X. (2016). Manual del Maguey Pulquero en Guanajuato (primera edición), Centro de Agave de la Universidad de Guanajuato, ExHacienda El Copal, División de Ciencias de la Vida, Irapuato, Guanajuato, México
- Pinos-Rodríguez, J.M., Aguirre-Rivera, J.R., García-López, J.C., Rivera-Miranda, M.T., González-Muñoz, S., López-Aguirre, S., & Chávez-Villalobos D. (2006). Use of

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

- maguey (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dick) as forage for ewes. *Journal of Applied Animal Research* 30(2), 101-107. <https://doi.org/10.1080/09712119.2006.9706596>
- Pinos-Rodríguez, J.M., Zamudio, M., González, S.S., Mendoza, G.D., Bárcena, R., Ortega, M.E., & Miranda J.A. (2009). Effects of maturity and ensiling of *Agave salmiana* on nutritional quality for lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 152, 298–306 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.05.002>
- Reta Sánchez, D.G., Figueroa Viramontes, U., Serrato Corona, J.S., Quiroga Garza, H.M., Gaytán Mascorro, A., & Cueto Wong, J.A. (2015). Potencial forrajero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(2), 153-170. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v6i2.4060>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca, y Alimentación (SAGARPA) (2017). Agave tequilero y mezcalero mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Ciudad de México, México.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). Avance de cosechas y resumen por Estado. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Stewart, J.R. (2015). Agave as a model CAM crop system for a warming and drying world. *Frontiers in Plant Science*, 6, 684. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00684>.
- Trejo Laura (2017). De los Dioses a *hipsters*, el resurgimiento del pulque, una moda de antigua tradición. Los Agaves y el Campo Mexicano. *Oikos*, 18, 14-19. <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/images/Pdfs/2017-02.pdf>
- Villalobos-Villalobos, L., Arce-Cordero, J., & WingChing-Jones R. (2015). Costos de producción de ensilados de pastos tropicales elaborados en lecherías de Costa Rica. *Nutrición Animal Trópica* 9(2), 27-48. doi. 10.15517/nat.v9i2.21462

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Producción de mezcal como vía para la sostenibilidad del Programa Sembrando Vida

Ana Mercedes González Espinosa¹, Laura Elena Garza Bueno¹, Ignacio Caamal Cauich²,
Jaime Arturo Matus Gardea¹, Silvia Xóchilt Almeraya Quintero¹

Resumen

El Programa Sembrando Vida ha beneficiado a productores de maguey en el estado de Guerrero desde el año 2020. Como resultado se ha obtenido un incremento de producción de maguey pasando de 1.559 hectáreas a 25 mil hectáreas en el estado. Particularmente en el municipio de Huitzoco de los Figueroa en la comunidad de San Miguel de las Palmas, este incremento ha incentivado a que los productores busquen una alternativa rentable de comercialización: venta de las piñas, transformación en mezcal de forma individual o producción de mezcal en economías de escala mediante una agrupación. Se tiene una proyección de incremento en el consumo de mezcal en un 20% en la próxima década, por lo cual las dos últimas opciones serían mayormente viables. El buscar una producción con mayores volúmenes permite posicionar mejor dentro del mercado. Para analizar la mejor opción se realizó junto con los productores una proyección financiera de un proyecto con 48 productores que lograrían comercializar el litro de mezcal a \$400, obteniendo mejores ganancias en comparación a la venta de piñas y de mezcal de forma individual. Con estos resultados se asegura la sostenibilidad del programa, la finalidad con la cual fue creado y una opción de ingreso considerable para los productores.

Palabras clave: Sembrando vida, mezcal, integración económica, proyección financiera.

Introducción

El Programa Sembrando Vida (PSV) es un programa federal del Gobierno de México de la administración actual (2018 – 2024) que busca contribuir al bienestar social de sembradores a través del impulso de la autosuficiencia alimentaria, con acciones que favorezcan la reconstrucción del tejido social y la recuperación del medio ambiente, a través de la implementación de parcelas con sistemas productivos agroforestales (Secretaría del Bienestar, 2023), presente en 21 estado del país. Manejando dos tipos de siembra Sistemas Agroforestales de árboles maderables y frutales (SAF) y Milpa Intercaladas con Árboles Frutales (MIAF). Los objetivos del programa son rescatar el campo y reactivar la economía local y regeneración del tejido social en las comunidades por ello se enfoca en atender la pobreza rural y la degradación ambiental. El programa impulsó a los productores que tuvieran 2.5 hectáreas disponibles para ser trabajadas en un proyecto agroforestal con un apoyo económico de \$5000 del periodo 2020 – 2022 y el último año fue de \$6000, y en algunos lugares donde fuera requerido, semilla, herramientas, plantas u otros insumos, con la

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

encomienda de sembrar los cultivos dispuestos. Aunado a esto se les brindo asistencia técnica con la cual pudieran desarrollar estos sistemas productivos. (Secretaría del Bienestar, 2023).

Inicialmente el programa SAF no contemplaba el agave dentro de los cultivos óptimos para ciertos estados. Sin embargo, se incluyó por la demanda que existía en el estado de Oaxaca, después se distribuyó a los demás estados con demanda de este cultivo. La principal motivación fue la demanda mundial de mezcal y mayormente en Europa.

Derivado de esto, en el estado de Guerrero los cultivos de maguey de diferentes especies aumentaron su producción de 1.559 hectareas a 25 mil hectáreas (Olvera, Pardo, Aguilar, & Contreras, 2022, pág. 15). Dentro de este estado, en el municipio de Huitzuco de los Figueroa el cual es uno de los 81 municipios que conforman la citada entidad y que suma a la producción estatal un total de 351 900 litros al año lo que representa un 23.64% de la producción estatal. (SIAP, 2018), con 30 productores registrados (CEMEZCAL, 2019). Sin embargo, no es reconocido por ello ya que la producción y comercialización de mezcal se hace de manera informal, y la mayoría de los productores no cuentan con las certificaciones. Esto hace que los productores les vendan las piñas a los intermediarios, los cuales les ofrecen cantidades mínimas por tonelada, aunado a esto les piden que ya estén majadas y a pie de terreno para poder comprarlas. Esto les deja una ganancia mínima considerando los gastos de trabajadores para poder realizar la labor. Quienes las transforman en mezcal, también lo venden a los intermediarios a un precio por mayoreo (mayor a 20 litros) máximo de \$180 el litro de mezcal. Dentro de las localidades productoras del municipio de Huitzuco de los Figueroa, se encuentra San Miguel de las Palmas, donde han sido beneficiados los productores de granos al igual que los productores de mezcal por el Programa Sembrando Vida (PSV) desde el 2020 para la siembra de maguey.

Gracias al acompañamiento técnico el cual brinda consultoría, asesorías y capacitaciones a los productores para que se obtengan mejores resultados y mayor rendimiento en los cultivos, de igual forma llevan un control sobre los procedimientos y procesos que realizan en las comunidades. Se incrementó la producción y productividad con esto se espera un aumento de 31,800 piñas de maguey. Este aumento de la oferta requiere la búsqueda de canales de comercialización que deriven en mayores beneficios que los que perciben actualmente los productores de mezcal. En las actuales condiciones –sin que los productores hayan visualizado un mercado alternativo al del coyote- el aumento de la oferta tendrá como efecto una caída del precio de las piñas lo que, a su vez, puede desanimar a los productores para mantener los volúmenes actuales de producción. Si la producción no tiene salida al mercado es probable que opten por dejar que la producción se pierda, haciendo que los recursos presupuestales destinados a la siembra y al acompañamiento técnico juntamente con el trabajo y tiempo invertido de parte de los productores no alcancen los resultados esperados y, por lo tanto, el PSV no sea sostenible. Por ello los productores se han visto en la necesidad de buscar una alternativa de comercialización que les represente un mayor ingreso.

Derivado de lo anterior el caso de los productores de San Miguel de las Palmas estas son las preguntas de investigación que surgen.

¿Existe mercado para la nueva producción?

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

¿Cuáles son las alternativas de comercialización?

¿Cuáles son los beneficios de las opciones de comercialización que se identifiquen?

La falta de canales de comercialización adecuados no es un problema exclusivo de los mezcaleros sean o no sujetos beneficiarios del PSV. Los altos niveles de intermediación en la comercialización y, por supuesto, también en el abasto de materias primas e insumos es un fenómeno que afecta severamente al grueso de los productores y que se refleja en pobreza y rezago del medio rural. La gran mayoría de los productores de nuestro país no trasciende el eslabón de la producción primaria. Al analizar la participación sectorial de los productores rurales en la estructura de las cadenas productivas, resulta que más del 98% de las unidades de producción rural (UPR), no participa más allá del eslabón de la Producción Primaria. El Censo Agropecuario 2007 arrojó que de las 5'548,845 Unidades de Producción Rural (UPR) que existen a nivel nacional, solamente 100,210 (1.81%) se encuentran agrupadas en organizaciones económicas de productores o asociadas en empresas que participan en los Servicios de Apoyo a la Producción, el Beneficio o la Transformación; el resto de las UPR participan económicamente de forma aislada y limitada a la producción primaria.

Como mencionan Merten Sievers y Emilia Saarelainen “Los productores rurales son el punto de partida de la mayoría de las cadenas de valor. Si se les ayuda a aprovechar las oportunidades del mercado, conseguir acuerdos justos y obtener productos de mayor calidad será posible mejorar el rendimiento de la cadena de valor, aumentar los ingresos rurales y el empleo, y estimular el crecimiento económico de las zonas rurales.” Si a esto le sumamos la importancia que tienen los procesos secundarios como el procesamiento y empaque, aumentan el valor de un producto y pueden incrementar los beneficios económicos para los productores rurales (OIT, 2023).

Según la FAO (2011), un alarmante 30 por ciento de la producción agrícola en las zonas rurales se desperdicia debido a las limitaciones de las cadenas de valor rurales débiles. Éstas incluyen la falta de instalaciones adecuadas para el almacenamiento y procesamiento, redes de comunicación, comercialización e infraestructura.

Cuando hablamos de una distorsión de la cadena productiva nos referimos a la desarticulación de la misma derivado de los desequilibrios que existen por la falta de participación de las UPR en las cadenas, esto conlleva a que no existe una interdependencia que asegure la calidad del producto por la intermediación de la materia prima, insumos y comercialización, se tienen bajos ingresos y retribución mínima que generan poco valor esto impide el desarrollo del mercado interno al y la presencia de otros sectores de la economía, cancelando las posibilidades del desarrollo sectorial. Esta distorsión de las cadenas productivas constituye una causa sustancial de la pobreza rural y de sus consecuencias que esta conlleva. (Garza, Ibarra, Omaña, Gomez, & Castillo, 2018).

En los últimos años el mezcal ha tomado mucho auge por su forma de preparación artesanal, tan solo en el primer trimestre del 2022 se vendieron 2 millones de litros y en el año 2021 se tuvo una producción de 8 millones, un incremento del 50% con respecto al año anterior. En

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

el año 2021 se exportaron 5.1 millones de litros. Los consumidores potenciales se encuentran entre los 25 y 35 años (Aguilar, 2022).

El negocio del mezcal ha crecido considerablemente, ahora se puede encontrar en diferentes tiendas de auto servicio. Considerando el volumen que se produce en la comunidad, los lugares objetivo son zonas turísticas en lugares donde se vendan este tipo de bebidas alcohólicas, ya que el mezcal es más consumido por personas extranjeras. Sin embargo, no cualquier tipo de mezcal se consume de esta forma, el mezcal artesanal es el más comprado por los consumidores por sus características de elaboración y precio.

No obstante, lo anterior las opciones que tienen los productores de San Miguel de las Palmas son las siguientes: 1) Vender la piña por toneladas al intermediario, 2) Transformación de mezcal en forma individual o 3) Transformarlo en mezcal alcanzando economías de escala mediante un esquema de integración económica.

Para evaluar la viabilidad de las opciones, se realizó en conjunto con los productores un análisis económico y financiero de las opciones disponibles. El análisis se llevó a cabo entre los meses de marzo a junio en el marco del Proyecto “Fortalecimiento de la economía de los productores rurales mediante el desarrollo de empresas sociales agrupadas en proyectos de integración económica bajo un enfoque de equidad y sustentabilidad”. Dicho proyecto está a cargo del Colegio de Postgraduados y cuenta con el financiamiento del hoy CONAHCyT. Este proyecto fue diseñado con el objetivo de fortalecer la economía de los sujetos beneficiados, fundamentalmente, por programas institucionales mediante el diseño y establecimiento de Proyectos de Integración Económica (PIEC) impulsados por el personal técnico del citado programa, miembros de la comunidad académica y, por supuesto, por los productores.

Entre las grandes líneas de acción del proyecto citado destacan, primero, la de formar a los productores en las ventajas de la integración económica, el diseño de los PIEC y de los planes de negocios necesarios para promover las empresas que les permitirán trascender el eslabón de la producción primaria. Y, posteriormente, la de formular los planes de negocio de la empresa priorizada por los productores.

La interacción entre quienes formamos parte de la academia (tanto profesores como estudiantes) y productores busca garantizar un rigor en la elaboración de los planes y la pertinencia de sus objetivos. No obstante, la interrelación entre los actores del proyecto es un proceso dinámico que no se restringe a la etapa que aquí se describe y que habrá de ir evolucionando en la medida en que los actores principales vayan consolidando su idea y sumando (asunto deseable) a más productores. Por lo pronto, los talleres presenciales detonaron el interés por los PIEC y permitieron definir la empresa prioritaria para los productores y proceder a formular una primera versión del Plan de Negocios como una herramienta de análisis de la viabilidad técnica y financiera de la empresa.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Esta versión inicial del plan de negocios muestra la factibilidad de esta empresa social para la comercialización del mezcal de San Miguel de las Palmas del Municipio de Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, considerando el potencial del mercado, la factibilidad del proceso técnico-operativo, así como los indicadores financieros, pero, sobre todo, el incremento de los ingresos de los productores al ocuparse del acopio, la producción y el envasado del mezcal que ellos producen, al constituirse como dueños de la empresa, reduciendo de esta forma el intermediarismo.

Materiales y métodos

Con la finalidad de que los productores tomen la mejor decisión respecto al incremento en sus volúmenes de producción de maguey mezcalero, se realizó en conjunto con ellos un análisis financiero con doble propósito. El primero de ellos es el de recabar los datos para la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto de producción, envasado y comercialización de mezcal artesanal (Tenorio, 2016) y el segundo como una herramienta pedagógica con el método Trabajo – Aprendizaje, que conduce a establecer una clara distinción entre los conocimientos a los que deben acceder el sujeto individual y el colectivo de trabajo para mejorar su desempeño, lo que en el caso de las PyMEs equivale a desarrollar de mejor manera todo el proceso económico-productivo (innovación incluida) (Garza, 2013) que permitiera a los productores darse cuenta de las grandes ventajas que tienen los PIEC gracias a las economías de escala.

Se realizaron reuniones informativas con productores interesados, en las cuales se les presentaban las opciones de venta que tienen y la forma en que se estarían evaluando para la toma de decisiones. Una vez conformado un grupo numeroso de productores interesados en participar en el proceso de identificación de opciones para la comercialización se organizaron una serie de talleres con la finalidad, primero, de hacer un diagnóstico de la cadena productiva de maguey-mezcal en San Miguel de las Palmas. Los productores llegaron a la conclusión de valorar las ventajas de transformar su cadena en cadena de valor debidamente articulada y con enfoque de mercado. Se contó con la participación de 48 productores de los cuales se formó un comité organizacional integrado por 10 de ellos con los cuales se realizaron los talleres necesarios para posteriormente hacer el análisis financiero y comparación de resultados.

Para la primera opción que es la venta de las piñas por tonelada, se hizo el análisis de acuerdo con el precio que se maneja en la zona, el cual es de \$8000 la tonelada de piña de maguey.

Para la segunda opción que es la de transformar el maguey en mezcal de forma individual se tomó el precio a mayoreo que se les está pagando por los intermediarios de \$180 litro de mezcal.

Para la corrida financiera se consideró una producción de 10,000 litros diarios, con una sola fábrica de mezcal certificada trabajando 6 días a la semana con alrededor de 15 empleados. Una embotelladora y comercializadora con un total de 10 empleados.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se les presentaron a los productores, en donde ellos pudieron observar las diferencias que existen entre las tres opciones, de esta forma se aplica el método Trabajo – Aprendizaje, incentivándolos a tomar decisiones que mejoren su productividad. Al vender la piña los productores tendrían que adaptarse al precio del mercado vigente. En la segunda opción, el producir y comercializar mezcal artesanal individualmente, conllevaría un gasto elevado para producirlo por los materiales necesarios, aunado a eso tendrían que esperar a que los compradores llegaran o buscarlos esperando que el precio que les ofrezcan por ello les dé una ganancia considerable. En la tercera opción enfocándonos en el mercado de lugares turísticos, los productores tendrían que realizar una asociación y hacer las adecuaciones necesarias en una fábrica para producir mezcal artesanal y poder comercializarlo con el volumen y características que lo hagan atractivo al consumidor.

Los beneficios que se obtienen de vender las piñas son casi nulos en comparación a las otras dos opciones: ya que el único que podría considerarse es que la producción no se perdería. En cuanto a la opción de vender individualmente el mezcal se obtendría como beneficio un poco más de ganancia esperando que los compradores les ofrezcan un precio estándar de \$250 lt por mayoreo.

Sin embargo, en la tercera opción de alcanzar economías de escala se obtuvo una diferencia de ingresos del 100% a lo que actualmente ganan, aunado a la realización de una agrupación, siempre y cuando el mercado sea constante y la calidad se estandarice, esto se refiere a que todo el mezcal que se produzca debe ser de la misma forma, ya que permitiría que se comercialice en un precio de \$400. Los resultados obtenidos de la corrida financiera se enlistan a continuación.

Punto de equilibrio

El punto de equilibrio se observa en la tabla 1

TIPO	PUNTOS DE EQUILIBRIO				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
En valor de venta	18,859,657	17,777,356	18,534,778	19,352,794	17,787,269
En volumen de producción	0.27	0.23	0.23	0.22	0.19
En % de capacidad de función	0.27	0.21	0.19	0.16	0.13
En costo en equilibrio	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

Fuente: Elaboración propia

Estado de resultados

En la tabla 2 se observa el estado de resultados

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Tabla 2. Estado de resultados
ESTADO DE RESULTADOS

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos	70,200,000	83,397,600	99,076,349	117,702,702	139,830,810
(-) Costos variables	52,606,875	62,496,968	74,246,397	88,204,720	104,787,207
(-) Costos fijos	3,213,500	2,821,220	2,880,318	2,880,318	2,399,324
= Utilidad de Operación	14,379,625	18,079,413	21,949,634	26,617,665	32,644,278
(-) Costos de Administración	273,000	294,840	318,427	343,901	371,413
(-) Costos de Ventas	1,240,000	1,339,200	1,446,336	1,562,043	1,687,006
(-) Costos financieros	3,245,098	2,975,864	2,763,649	2,458,625	2,213,348
= Utilidad antes impuestos	9,621,527	13,469,509	17,421,222	22,253,095	28,372,510
(-) Impuestos (35%)	3,367,534	4,714,328	6,097,428	7,788,583	9,930,379
Utilidad Neta	6,253,992	8,755,181	11,323,794	14,464,512	18,442,132
(+) Depreciación y amortización	2,529,500	2,082,500	2,082,500	2,082,500	1,468,750
Flujo efectivo operacional	8,783,492	10,837,681	13,406,294	16,547,012	19,910,882

Fuente: Elaboración propia

Flujo de efectivo

En la tabla 3 se muestra el flujo de efectivo

Tabla 3. Flujo de efectivo
FLUJO DE EFECTIVO

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS	103,610,979	94,209,221	111,877,845	132,864,754	171,824,761
Ingresos por ventas	70,200,000	83,397,600	99,076,349	117,702,702	139,830,810
Venta de activo			-	-	-
Valor de desecho					14,031,250
Crédito	26,371,183	8,649,297	10,241,197	12,129,641	14,370,160
Aportaciones	7,039,796	2,162,324	2,560,299	3,032,410	3,592,540
COSTOS	73,159,591	85,198,116	101,788,596	117,338,057	137,665,239
Costos producción variables	52,606,875	62,496,968	74,246,397	88,204,720	104,787,207
Costos producción fijos	3,213,500	2,821,220	2,880,318	2,944,143	2,399,324
Gastos administración y venta	1,513,000	1,634,040	1,764,763	1,905,944	2,058,420
Costos financieros	3,245,098	2,975,864	2,763,649	2,458,625	2,213,348
Amortización de deuda	9,213,583	10,555,697	14,036,041	14,036,041	16,276,560
Impuestos 35%	3,367,534	4,714,328	6,097,428	7,788,583	9,930,379
INVERSION	33,857,979	10,811,621	12,801,496	15,162,051	17,962,700
Inversión activos	24,277,000	-	-	-	-
Inversión de reemplazo	447,000	-	-	-	-

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Capital de trabajo	9,133,979	10,811,621	12,801,496	15,162,051	17,962,700
FLUJO DE CAJA	- 3,406,591	- 1,800,516	- 2,712,247	364,646	16,196,822
Beneficios	103,610,979	94,209,221	111,877,845	132,864,754	171,824,761
Costos	107,017,570	96,009,738	114,590,092	132,500,108	155,627,939
Flujo	- 3,406,591	- 1,800,516	- 2,712,247	364,646	16,196,822

Fuente: Elaboración propia

Balance general

El balance general se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Balance general
BALANCE GENERAL INICIAL

ACTIVO		PASIVO	
Circulante		Circulante	
Caja y bancos	9,133,979.2	Crédito corto plazo	7,307,183.3
Total Activo Circulante	9,133,979.2	Fijo	
		Crédito	19,064,000.0
Activo Fijo (Tangible)	23,830,000.0	Total Pasivo	26,371,183.3
Activo Diferido (Intangible)	447,000.0	CAPITAL	
Total Activo Fijo	24,277,000.0	Aportaciones	7,039,795.8
TOTAL DE ACTIVOS	33,410,979.2	TOTAL PASIVO + CAPITAL	33,410,979.2

Fuente: Elaboración propia

Tasa de rendimiento mínima aceptable

En la tabla 5 se muestra la tasa de rendimiento mínima aceptable la cual nos da para el primer año 26.3% marcando la aceptación del proyecto.

Tabla 5. Tasas de rendimiento mínima aceptable
TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA ACEPTABLE (TREMA)

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Costo de capital (tasa ponderada)	12.3%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%
Riesgo (inflación)	8%	8%	8%	8%	8%
Utilidad buscada	6%	6%	6%	6%	6%
TREMA	26.3%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%

Fuente: Elaboración propia

Tasa de rentabilidad

El cálculo de los principales indicadores de viabilidad y rentabilidad para la empresa se muestra en la tabla 6.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Tabla 6. Indicadores de viabilidad y rentabilidad

INDICADOR	INDICADORES DE RENTABILIDAD					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	Total
Beneficios	103,610,979	94,209,221	111,877,845	132,864,754	171,824,761	614,387,560
Costos	107,017,570	96,009,738	114,590,092	132,500,108	155,627,939	605,745,447
Flujo fondos	- 3,406,591	- 1,800,516	- 2,712,247	364,646	16,196,822	8,642,113
Factor Actualización	0.79	0.73	0.63	0.54	0.46	3
Beneficios actualizados	82,032,060	69,214,938	70,453,687	71,717,085	79,497,194	372,914,963
Costos actualizados	84,729,165	70,537,766	72,161,691	71,520,258	72,003,502	370,952,382
Flujo Actualizado	- 2,697,105	- 1,322,828	1,708,004	196,827	7,493,692	1,962,582
Valor Actual Neto (≥ 0)	10,192					
Tasa Interna de Retorno ($\geq$ TREMA)	26.4%	ACEPTABLE				
Relación Beneficio/Costo (≥ 1)	1.0053	ACEPTABLE				

Fuente: Elaboración propia

El Programa Sembrando Vida ha sido un beneficio considerable para los productores, no solo los de la comunidad de San Miguel de las Palmas. Sin embargo, es necesario que tenga sostenibilidad y una de las formas de lograrlo es que los productores se apropien de la cadena de producción y logren comercializar la producción que se ha obtenido a través de dicho programa. La conformación de una agrupación de productores para la producción, envasado y comercialización de mezcal artesanal es viable por lo tanto puede considerarse una opción de sostenibilidad para el PSV, todo esto en el marco de que la actual administración termina y existe incertidumbre sobre si es posible continuar otorgando el beneficio. El método Trabajo – Aprendizaje resultó ser eficaz en los productores de la comunidad de San Miguel de las Palmas, pudieron observar las grandes diferencias al buscar un mayor mercado para la colocación de su producto, demostrando que existen mayores ventajas al alcanzar las economías de escala. El crear canales de comercialización les asegura una mayor ganancia. Esto fue el detonante para que ellos decidieran comenzar con la asociación y empezar a comercializar su producto. Este método es de gran ayuda para mostrarle un panorama posible si existe una organización y acuerdo de los productores para apropiarse de los eslabones de la cadena productiva y trascenderla a cadena de valor agregándole ese plus que necesitan para colocar su producto dentro del mercado.

Conclusiones

Uno de los grandes problemas del campo mexicano, es el retroceso de los programas sociales al final de cada administración. En su mayoría, los programas sociales quedan truncados y lo que se ha obtenido de ellos se deja perder por no prever la sostenibilidad de este. El Programa Sembrando Vida ha logrado obtener resultados significativos en varios estados donde se ha

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

aplicado, es por ello que se busca que los productores sigan obteniendo beneficios gracias a la sostenibilidad del programa y una de las formas de obtenerla es buscando canales de comercialización que brinden a los productores los medios para lograr obtener mayores ganancias. Buscar canales de comercialización con un proyecto de integración económica ofrece mejores resultados que la comercialización individual o la venta de materia prima, en este caso la venta de piñas o la producción y comercialización de mezcal artesanal.

Las economías de escala y la apropiación de la cadena de valor brindan mayores beneficios siempre y cuando sean atendidos los requisitos del mercado y los estándares de calidad esto ayuda a los productores a reestructurar el campo y darles mayores beneficios a las comunidades rurales. Sin mencionar que al crear empresas sociales se generan empleos, y en el caso de San Miguel de las Palmas, se incrementaría en un 15% en la zona por lo tanto lo que ayudaría a que la economía local crezca, reduciendo la migración. Los productores obtendrían el 100% de ganancias en comparación con lo que ahora obtienen.

Los programas sociales ayudan a reestructurar el tejido social, en este caso también apoya a la reforestación y para que el beneficio trascienda es necesario que sea sostenible, por ello la opción presentada en este texto es de vital importancia para los productores rurales, y el caso del Programa Sembrando Vida podría ser una opción para su sostenibilidad.

Referencias bibliográficas

- CEMEZCAL, C. E. (2019). *Catalogo de miembros 2018*. Obtenido de <https://www.agared.org/la-industria/consejo-esta-tal-del-maguey-mezcal-de-guerrero-ac>
- FAO. (2011). *Global Losses and Food Waste: Extend Causes and Prevention*. Roma : Swedish Institute for Food and Biotechnology.
- Garcia, J. (2009). *Calculos Financieros* (Primera ed.). Mexico: Trillas.
- Garza, L. (2013). *Fundamentos e Instrumentación de la Economía Basada en el Conocimiento. Gestión*. Mexico: Financiera Rural, Colegio de Postgraduados, Centro de Investigaciones en Economía y Desarrollo Agroalimentario, Universidad Autónoma Chapingo.
- Garza, L., Ibarra, E., Omaña, M., Gomez, L., & Castillo, E. (2018). *Gestion de la asociatividad y la integracion economica mediante la formacion*. Mexico: Colegio de Postgraduados.
- IICA. (2023). *Cadena de valor agropecuarias una oportunidad de desarrollo para los territorios*. Obtenido de <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/cadenas-de-valor-agropecuarias-una-oportunidad-de-desarrollo-para-los-territorios>
- Kirchmayr, M., Arellano, M., Estarrón, M., Gallardo, J., Gschaedler, A., López, J., . . . Ramírez, E. (2014). *Manual para la estandarizacion de los procesos de produccion del mezcal guerrerense* (Primera ed.). Guadalajara, Jalisco, Mexico: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Recuperado el Enero de 2023, de <https://www.agared.org/articulos-de-divulgacion/manual-de-estandarizacion-del-mezcal-del-estado-de-guerrero>

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

OIT. (24 de Enero de 2023). *Departamento de Creació*

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

- n de Empleos y Desarrollo de la Empresa*. (M. Sievers, & E. Saarelainen, Edits.) Obtenido de Organizacion Internacional del Trabajo:
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/publication/wcms_235470.pdf
- Olvera, L., Pardo, J., Aguilar, N., & Contreras, D. (2022). Detección de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* con técnicas geomáticas en Guerrero, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2).
doi:https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2241
- Padilla, R., & Oddone, N. (2016). *Manual para el fortalecimiento de cadenas de valor*. Octubre de 2016. *Signatura:lc/mex/l.1218*. CEPAL-FIDA. Obtenido de LC/MEX/L.1218
- Secretaria del Bienestar. (25 de Julio de 2023). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>
- SIAP. (2018). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Tenorio, S. (2016). *Compendio de materiales de apoyo para el desarrollo de la produccion de mezcal artesanal*. Chapingo, Mexico: Chapingo.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Análisis de la cadena de valor de amaranto en el Estado de México

Alma Velia Ayala Garay¹, Daylin Jannete De la cruz Carrillo², Erica Muñoz Reyes¹, Lucila González Molina¹

Resumen

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis integral de la cadena de valor del amaranto en el Estado de México, considerando a los actores, sus relaciones y funciones, así como, los factores que afectan la competitividad dentro de la cadena, con la finalidad de proponer alternativas que permitan revertir las limitaciones que se tienen para mejorar el ingreso de los participantes en dicha cadena. Se utilizó la técnica de paneles para construir las características de la cadena de valor del amaranto, donde participaron expertos, y representantes de la cadena de valor de Estado de México, Ciudad de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, además, se complementó la información con encuestas dirigidas a cada actor. Se descubrió que falta compromiso de servidores públicos que impulsen la integración, crecimiento y organización de la cadena de valor de amaranto a nivel nacional. Existen pocas estrategias de marketing que impulsen el consumo de amaranto. No existe vínculos horizontales a nivel de productores y su relación con sus clientes solo son comerciales. Los productores destinan su producción a la comercialización como a industrias, intermediarios, mercados locales y otros para consumo de animales propios. No existe un esquema de financiamiento que les permita mejorar y/o ampliar paquetes tecnológicos. Tampoco hay un sistema producto amaranto a nivel nacional, solo se conforman grupos como el Grupo de Enlace Amaranto Mexicano, integrado por participante de la cadena de valor.

Palabras clave: Actores y funciones, relaciones y vínculos horizontales, información primaria del mercado nacional.

Introducción

La cadena de valor de amaranto, desde el punto de vista de competitividad, tiene grandes retos que superar, sobre todo porque el cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades en condiciones de escasez, no sólo de recursos naturales como lo es el agua, sino también de tecnología en la producción y transformación en las regiones donde se produce (De la O Olán *et al.*, 2012) y la falta de financiamiento para acceder a tecnología disponible (Ayala *et al.*, 2012). Ayala *et al.*, 2014 menciona que, la casi nula unificación de los participantes de la cadena de valor del amaranto, considerando los procesos de comercialización, la aplicación de deficientes prácticas culturales, la ausencia de economías de escala, y la poca organización para la venta de los productos, aunado al bajo precio de venta del producto y la mala calidad de productos transformados, ha repercutido en un reducido ingreso de los productores y de los participantes dentro de la cadena.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue desarrollar un análisis integral de la cadena de valor del amaranto, considerando a los actores, sus relaciones y funciones, así como los factores que afectan la competitividad de la cadena, para establecer alternativas que

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

permitan contribuir a revertir las limitaciones que se tienen para mejorar el ingreso de los productores. Cabe mencionar que gran parte de la producción nacional de amaranto (*Amaranthus* spp), es realizada por pequeños y medianos agricultores, cuyos sistemas de producción se caracterizan por estar ubicados en áreas con fuertes limitantes agroecológicas, menores de 3 ha, con alto uso de mano de obra familiar y poca utilización de maquinaria. La gran mayoría de los agricultores no están integrados y no cuentan con la tecnología adecuada para la producción, por ejemplo, no utilizan variedades mejoradas y en el mejor de los casos mantienen sus materiales locales, un buen número de ellos siembran sin seleccionar plantas para semilla.

Entre las razones que podrían explicar la baja adopción de variedades están: el no tener acceso a nuevos materiales, el que éstas no reunieran los atributos requeridos para sus condiciones tanto agroecológicas como socioeconómicas o quizás estén privando razones económicas y/o culturales. Por el lado de la comercialización, transformación e industrialización, además del bajo consumo, son problemas que aquejan a la cadena de valor. Por otro lado, los productores no están organizados.

Existe una deficiente integración de la cadena de valor del amaranto, incluyendo los procesos de comercialización, procesos de producción, la ausencia de economías de escala, una agroindustria deficiente y la poca organización para la venta de sus productos, aunado a la competencia con cultivos que se pueden mecanizar más fácilmente, así como el bajo precio de venta del producto, ha repercutido en un reducido ingreso de los productores (Ayala *et al.*, 2014). El análisis integral de la cadena de valor del amaranto, considerando a los actores, sus relaciones y funciones, así como los factores que afectan la competitividad de la cadena, permitirá establecer alternativas que permitan contribuir a revertir las limitaciones que se tienen para mejorar el ingreso de los integrantes de la cadena.

Materiales y métodos

Se utilizó la técnica de paneles y se dividió en dos sesiones de trabajo, en donde participaron los actores de la cadena: representantes de productores, industriales, instituciones de investigación y educativas, proveedores de insumos y expertos. Además, se realizaron encuestas personalizadas para cada actor clave. Se realizó un análisis desde un punto de vista de competitividad, y fueron los representantes de la cadena, quienes, de manera interactiva, informaron sobre las principales limitaciones, problemas, oportunidades y soluciones.

El primer panel de trabajo se llevó a cabo en enero de 2023 y consistió en orientar al equipo de trabajo los fundamentos, principios y conceptos alrededor de la metodología de cadena de valor. Y se definieron los primeros lineamientos con relación en el análisis de la cadena y los factores que definen la competitividad. Se diseñaron encuestas que se aplicaron en la fase de campo a cada uno de los informantes claves que integran la cadena de valor.

La segunda sesión de trabajo se efectuó en el mes de marzo y estuvo integrada por representantes de la cadena de valor de amaranto como: 10 representantes de productores de amaranto del Estado de México, expertos como el Dr. Eduardo Espitia y Dr. Sergio Barrales,

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

representantes de SAGARPA, INIFAP, Universidad Autónoma Chapingo, organizaciones no gubernamentales, proveedores de insumos y transformadores. El trabajo de campo correspondió al levantamiento de 7 encuestas a nivel productores clave. A nivel de industrial y mercado se levantaron 4. Las encuestas se conformaron con preguntas cualitativas, que se transformaron usando una escala de 1 a 5 para un análisis cuantitativo y se realizaron con la finalidad de completar la información obtenida en los paneles. Además, se asistió a reuniones organizadas por Grupo de Enlace Amaranto Mexicano (grupo formado con la finalidad de buscar unión entre integrantes de la cadena de valor de amaranto a nivel nacional) y Foros Regionales para el Análisis de las Cadenas de Valor.

Con los resultados se caracterizó la cadena de valor del amaranto y se diseñó el mapa conceptual. Para ello fue necesario realizar un análisis de los actores y sus funciones, relaciones y vínculos horizontales, información primaria del mercado nacional, servicios críticos de apoyo, servicios de asistencia técnica, servicios de gestión de calidad e inocuidad, inteligencia comercial, logística y almacenamiento. Después de validar que los datos presentados en el segundo panel sean correctos y verídicos, se procedió a redactar las conclusiones respecto a si se cumplieron o no los objetivos.

Para diseñar el mapa de la cadena de valor se analizaron los siguientes conceptos:

- Actores y funciones. Se identificó a los actores, así como, las funciones que cada uno de ellos realiza, a través de las preguntas realizadas y búsqueda de información del Sistema Producto Amaranto.
- Relaciones y vínculos horizontales. Se describieron las interacciones entre los agentes o actores y su nivel de organización.
- Información primaria del mercado nacional. Se analizó información relevante del mercado nacional, de consumo y de atributos de los productos que se ofertan.
- Servicios de asistencia técnica. Se presentó información relativa al servicio de asesoría técnica a los productores.
- Servicios de gestión de calidad. Se buscaron instrumentos de carácter regulatorio para transformación de productos.
- Inteligencia comercial. Se hizo un análisis con el propósito de conocer sobre la cultura de consumo, calidad del amaranto y sus propiedades.
- Logística y almacenamiento. Se buscó identificar los actores que participan en este rubro.

Resultados y discusión

El estudio se realizó en el Estado de México (Figura 1), cuyas coordenadas geográficas 23.6345° N 102.5528° O son se puede observar en la Figura. Limita con Querétaro, al noreste con Hidalgo, al este con Tlaxcala, al sureste con Puebla, al sur con Morelos y Ciudad de México, al suroeste con Guerrero y al oeste con Michoacán. Con 22 357 km² es la séptima entidad menos extensa por delante de Hidalgo, Querétaro, Colima, Aguascalientes, Morelos y Tlaxcala.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**



Figura 1: Mapa de la localización del Estado de México.

Fuente: Imagen captada de google, s/f.

La combinación en el periodo 1992-2021 del incremento de la superficie cosechada y el rendimiento de producción fue de 30.54 %. Es decir, el aumento en la producción está relacionado por el incremento en la superficie cosechada. Hasta el momento la adopción de nuevos paquetes tecnológicos por parte productores ha sido muy escasa, por lo que el rendimiento en la producción ha incrementado solo un 6.68 % en los últimos 20 años. El incremento del rendimiento por hectárea en ese mismo periodo aumentó una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 0.115 %, mientras que es la producción fue de 1.54 %.

El impacto que ha tenido la producción primaria en la cadena de valor del amaranto ha sido escaso, el alcance de variedades de semilla mejoradas, manejo técnico del cultivo en cuanto a densidad, nutrición y sanidad, así como acceso a nuevas tecnologías de producción como riego es y ha sido las limitantes más grandes de los productores. El porcentaje de productores con equipos más avanzado es muy bajo, y la mayoría de ellos dependen de las condiciones climáticas.

Se generó el mapa de la cadena de valor de amaranto (Figura 1), para mostrar a los actores, sus funciones, servicios de apoyo, y sus relaciones en el flujo del producto, desde su producción al mercado final.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

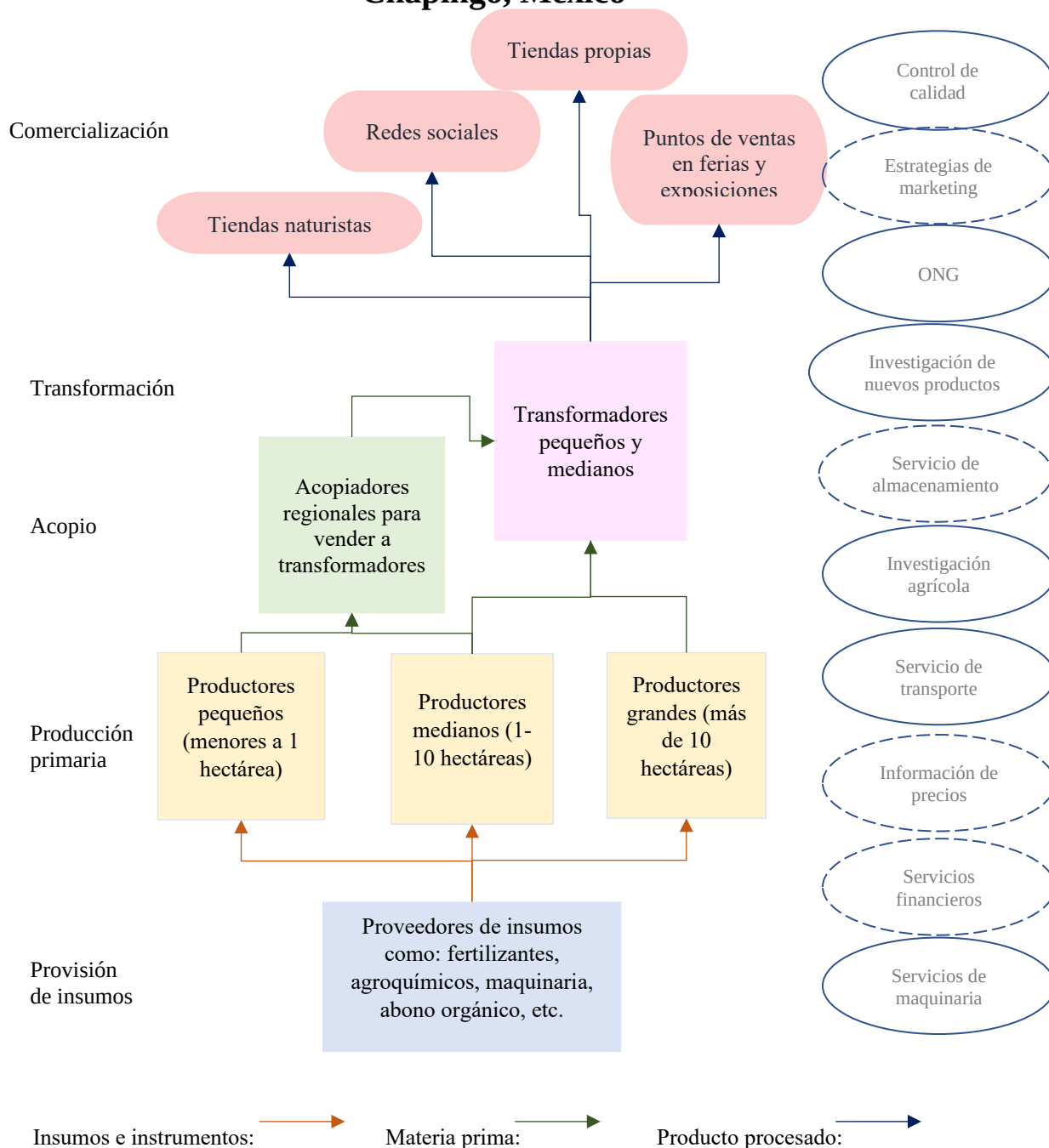


Figura 1. Mapa de la cadena de valor de amaranto en el Estado de México. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en los paneles de trabajo y encuestas dirigidas a cada actor de la cadena.

- Actores y funciones

La cadena de valor de amaranto en el Estado de México se encuentra integrado de la siguiente forma: en primer nivel se encuentran todos los proveedores de insumos, maquinaria y equipo agrícola que se requiere para la producción primaria. En segundo nivel se encuentran todos

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

los productores de amaranto, como tercer nivel están las personas acopiadoras, en cuarto las industrias transformadoras y en quinto, todos aquellos canales de comercialización del producto final dirigidos al consumidor. Del lado izquierdo se encuentran todas aquellas partes interesadas dentro del sistema de producción y comercialización del amaranto, en línea punteadas se mencionan aquellas que aún faltan integrarse.

Generalmente los productores con más de 10 ha venden su producción a las industrias transformadoras ubicadas en la Ciudad de México, por otra parte, medianos y pequeños productores (0-10 ha) algunos prefieren guardar su producción y venderlas cuando ésta sea mayor y el precio en el mercado sea el más cercano al justo, mientras tanto, otros venden a los acopiadores que llegan por el producto, dichos acopiadores, terminan llevando la producción a los transformadores ubicados principalmente en Tulyehualco, CDMX.

- Relaciones y vínculos horizontales

De acuerdo con la información obtenida, se descubrió que no existen relaciones y vínculos horizontales a nivel de productores. Entre ellos no existe la cultura que les permita trabajar en conjunto para mejorar sus condiciones de negociaciones y su productividad. A nivel de transformación sí existen relaciones y vínculos horizontales entre productores y compradores, con el fin de establecer los parámetros de calidad que deben cumplir las semillas y granos de amaranto. El cliente es quien fija el precio a pagar al productor y dependerá de los parámetros de calidad que cumplan las semillas o granos de amaranto. Hay relación a nivel investigación y producción primaria, sin embargo, instituciones como Chapingo, no ofrece mucho apoyo para desarrollar investigaciones para la elaboración de nuevos productos.

- Vínculos horizontales

No existen mayores ejemplos referentes de vínculos horizontales a nivel de productores. No se pudo identificar en este trabajo una cultura de asociatividad de productores que les permita mejorar su capacidad de negociación y modificar las relaciones de poder. A nivel transformación se han desarrollado vínculos para la elaboración de normativas para establecer los parámetros de calidad de grano de amaranto.

No existe un sistema producto amaranto ni a nivel estatal ni federal, solo existe el grupo conocido como Grupo de Enlace Amaranto Mexicano, el cual está construido por integrantes de la cadena de valor de amaranto de los estados como: Ciudad de México, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca quienes son los 4 estados con mayor producción de amaranto a nivel nacional. Los actores de estos estados con presencia en Sistema Producto Amaranto, participan en mesas de diálogo para la toma de decisiones. Sin embargo, existe poca cooperación entre los actores, la falta de compromiso y comunicación de los involucrados es otro de los problemas que afecta la integración de la cadena de valor. El Estado de México también tiene participación importante dentro de la producción de amaranto, sin embargo, durante las reuniones realizadas por el Grupo de Enlace Amaranto Mexicano no se detectó presencia de algún representante. El 90% de los encuestados mencionaron no pertenecer a ningún tipo de asociación.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

- Información primaria del mercado nacional

Por el tipo de proceso en México se producen 79.9 % de productos a base de grano reventado, 17.2 % a base de harina y 2.9 % a base de extruido (Espitia et al., 2012).

Dentro de estos, los principales productos que se consume son alegrías palanquetas, churros, cereales, barras, galletas, etc. Existe la gran problemática que un porcentaje medio-alto de mexiquenses no consumen el amaranto, principalmente por el desconocimiento de sus beneficios y valor histórico, incluso algunos productores confesaron no incluir el amaranto en su dieta hasta después de conocer las propiedades nutraceuticas y beneficios. A nivel de mercado el equipo de encuestadores cuantificó que el 80 % de las personas que compran son las que consumen. Los consumidores de antaño confiesan comprar amaranto principalmente por la calidad del producto sin importarles el costo y presentación. Otros mencionaron que consumen productos de amaranto dependiendo de los atributos como el sabor, precio, presentación. Esta información es importante para orientar esfuerzos comunicacionales para generar cultura de consumo de los productos (Figura 2)

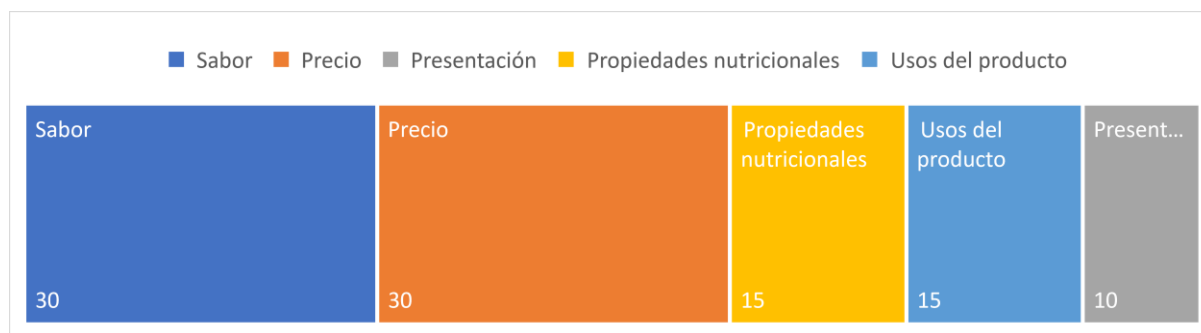


Figura 2. Atributos que toma en cuenta el consumidor antes de comprar un producto de amaranto. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos durante las encuestas realizadas consumidores de amaranto en México.

- Servicios financieros

No se detectó algún encuestado que mencione el requerimiento de algún tipo de crédito. El 70 % mencionó no contar con acceso al crédito o el costo de capital es muy alto. Todos mencionan haber trabajado con recursos propios. Así como, tampoco se encontraron encuestados que reciban algún beneficio por parte del gobierno como capacitaciones para producción orgánica tal como se realizan en el estado de Tlaxcala o Hidalgo, así como, tampoco mencionaron recibir apoyos económicos o de fertilizantes. No obstante, aparentemente como el amaranto no está declarado un cultivo estratégico las prioridades de financiamiento van a otros cultivos.

- Servicios de asistencia técnica.

La dificultad de acceso a la asistencia técnica es también una limitante que en general mencionaron tanto en las sesiones de trabajo como en las encuestas. Los productores indicaron que, aunque existen entidades que ofrecen asistencia técnica a nivel rural, ellos no

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

tienen acceso a asistencia de calidad, pues la asistencia técnica que existe se enfoca a otros cultivos. Además, no existe una figura jurídica que apoye 100% a productores y/o innovación de productos a base de amaranto.

- Servicios de gestión de calidad.

Se identificó que no existe homologación de calidad e inocuidad en los productos de amaranto, ya que no está bien regulado. En un muestreo realizado de productos a base de amaranto, 65 % cumplían con estándares de excelente calidad como los establecidos en las normas mexicanas aplicables [NMX-114-SCFI-2009 Grano de amaranto. Especificaciones de calidad y métodos de ensayo y PROY NMX-116-SCFI-2010 Grano reventado de amaranto (*Amaranthus* spp.) para uso y consumo humano]. Aunque en las normas se clasifican los granos de amaranto, según las características de éste, en la mayoría de los casos, estos los establece el consumidor de acuerdo con sus conocimientos empíricos, también mencionaron que existen altos incentivos para mejorar la calidad del amaranto. Las pruebas mencionadas en las NMX, generalmente el productor las realiza con el equipo que cuenta, ya que, indican no poseer equipos para mejorar la calidad del producto.

- Inteligencia comercial

El propósito de los participantes en las sesiones de trabajo en cuanto a mercado en común, era generar cultura de consumo de calidad de amaranto, y ligar el consumo a las propiedades nutritivas y de identidad cultural. No obstante, una deficiencia identificada en la cadena de amaranto es el conocimiento sobre el perfil del consumidor final y sobre la gestión de mercadeo.

- Logística y almacenamiento

No se identificaron actores que brinden servicios de logística y almacenamiento en las mesas de trabajo y encuestas.

Las limitantes identificadas por ahora son la gran falta de compromiso entre los participantes de la cadena de valor, así como, la poca o nula vinculación entre estos. Falta de integración de instituciones gubernamentales y universidades para atender problemas de investigación e innovación de la transformación del amaranto, y necesidades reales de los productores y consumidores. También se mencionan que en diversas ocasiones el gobierno ha tratado de otorgar apoyos a pequeños productores y no se han concretado o bien no han llegado a quienes realmente los necesitan.

Falta de compromiso de servidores público que impulsen la integración crecimiento y organización de la cadena de valor. Existe poca o nulas estrategias que marketing que impulsen el consumo del amaranto, así como la comercialización mercados internacionales. Existen foros y congresos de cadena de valor de amaranto a nivel nacional y las propuestas establecidas en cada uno son iguales o similares a los mencionados en anteriores, no existe un personal o institución que se encargue de verificar que se concreten dichas propuestas.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Conclusiones

No existen en el Estado de México industrias transformadoras de amaranto, normalmente los productores venden su producto a industrias de otros estados principalmente ubicados en la Ciudad de México, mientras otros prefieren esperarse y almacenarlos hasta que suba el precio de venta o tengan mayor producción para que sea rentable para ellos.

Los vínculos horizontales entre sector primario y transformación son solo comerciales, y generalmente el comprador establece los parámetros de calidad que debe cumplir la semilla de amaranto de acuerdo con el tipo de transformación o bien establece el precio de compra con respecto a los parámetros de calidad del grano y/o semilla que estos cumplan.

No existe un esquema de financiamiento para el mejoramiento de paquetes tecnológicos que permitan el incremento del rendimiento de la producción. Así como alternativas que les permita el aseguramiento de su producción a través de instituciones públicas.

No existe participación de productores principalmente en reuniones o integración dentro de grupos como el Grupo de Enlace Amaranto Mexicano, quienes, determinado tiempo se reúnen con la finalidad de establecer propuestas para integrar la cadena de valor de amaranto. Dentro de las reuniones se generan propuestas para mejorar la situación del amaranto en el país, el principal problema está en que no existe un seguimiento para verificar que realmente se cumplan, pues generalmente, éstas han sido las mismas en años anteriores.

Referencias bibliográficas

Libro:

- Ayala, G. A., Escobedo, L. D., Cortés, E. L. & Espitia, R. E. (2012). *El cultivo de amaranto en México, descripción de la cadena, implicaciones y retos*, INIFAP Campo Experimental Valle de México.
- Espitia E., Mapes S., Escobedo D., De la O Olán M., Rivas P., Martínez E., Hernández J. (2012). *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 368 p
- De la O Olán, M., R. E. Espitia, G. A. V. Ayala, C. J. M. Hernández, V. J. L. Arellano, y H. V. C. Ruiz. 2012. *Caracterización morfológica en germoplasma para grano de amaranto (Amaranthus spp.)*. In Espitia E., Mapes S., Escobedo D., De la O Olán M., Rivas P., Martínez E., Hernández J. (2012). *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México.

Revista

- Ayala, G. A., Rivas, V. P., Cortes, E., de la O, O. M., Escobedo, L. & Espitia, R. E. (2014). La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en la región centro de México. *CIENCIA ergo-sum*, 21(1),47-54. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10429976006>

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

Referencia electrónica:

Ayala, G. A., Rivas, V. P., Cortes, E., de la O, O. M., Escobedo, L. & Espitia, R. E. (2014). La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *CIENCIA ergo-sum*, 21(1), 47-54. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10429976006>
Google. (s.f). [Estado de México]. México. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/Estado+de+M%C3%A9xico/@19.3264047,-99.6049788,9z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x85cd8992c0eb0a3b:0xc2fef9be9fc5a857!8m2!3d19.4968732!4d-99.7232673!16zL20vMDFnZmhr?entry=ttu>

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Determinar los Factores que Explican la Bancarrota de Empresas en Guanajuato utilizando Análisis Factorial

Marco Antonio Sánchez-Jiménez¹¹; Sergio Ernesto Medina Cuéllar¹²

Resumen

Determinar si existen correlación entre variables manifiestas como los delitos cometidos, la desocupación laboral, el Producto Interno Bruto, crecimiento económico, tipo de cambio, delitos cometidos, confianza del consumidor y Precio de la mezcla del petróleo y su agrupación en factores, que ayuden a pronosticar la bancarrota de las empresas en el Estado de Guanajuato. Para lograr esto se utilizó el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), como herramienta para validar este proceso. El método consiste en la definición de las variables que diversos autores consideran causantes del cierre de empresas y asociarlas a índices publicados por organismos estatales, nacionales o internaciones como el Banco de México, el Foro Económico Mundial, la Organización Internacional del Trabajo. Con esas variables definidas se realiza el AFC. El resultado del AFC es la correlación de variables manifiestas agrupadas en dos factores, el económico externo y el interno. La conclusión a la que se llegó es que se determinaron dos factores principales causales de la bancarrota de empresas, los cuales agruparon diversas variables que usaron indicadores (índices) externos sin depender de encuestas y cuestionarios convencionales, con la limitante que no todos los índices proporcionan datos suficientes.

Palabras clave: Fracaso Empresarial, Bancarrota, Análisis Factorial, Cierre de Empresas, Factor Económico.

Introducción

Para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (INEGI, 2022-c) el 33% de las empresas mueren en su primer año, el 65% desaparecen a los cinco años. Los negocios que tengan más de 20 años quedan con el 11%, los cuales se quedan operando sus primeros 25 años (Estrada, 2021). Por lo que se desea identificar las causas que originan el cierre de las empresas, para esto se usó una técnica multivariantes, para identificar las variables ocultas (latentes) que conforman a los factores, que causan la bancarrota (Cuadras, 2019; Rodríguez, Maté, & López, 2017).

¹¹ Maestro en Administración. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9571-2734>. Profesor de la Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca. Depto. De Arte y Empresa. Carretera Salamanca - Valle de Santiago km 3.5 + 1.8 Comunidad de, Palo Blanco, C.P. 36787, Salamanca, Gto., México. Correo: masanchez@ugto.mx

¹² Doctorado en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1883-935X>. Profesor-investigador, Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca. Depto. De Arte y Empresa. Carretera Salamanca - Valle de Santiago km 3.5 + 1.8 Comunidad de, Palo Blanco, C.P. 36787, Salamanca, Gto., México. Correo: se.medina@ugto.mx

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

La hipótesis es probar que existen dos factores, el factor económico interno y el económico externo, que tienen una influencia significativa en la quiebra de las empresas en el Estado de Guanajuato, esto se logrará mediante la correlación entre variables no observables en índices o indicadores públicos, empleando los métodos de Análisis Factorial Exploratorio y el Confirmatorio.

Se revisaron las investigaciones, realizados por Peña et al. (2017), donde identificó las que más influyen en el cierre de empresas. Una vez definidas estas variables, se procedió a buscar información de ellas en indicadores que publican las organizaciones estatales, nacionales e internacionales. El indicador seleccionado debería incluir al menos una de las variables que se deseaba investigar (Cornejo, 2018).

Una vez seleccionadas las variables y recopilados los datos correspondientes, se aplicaron los métodos estadísticos de Análisis Factorial Exploratorio y Confirmatorio (Cuadras, 2019; Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014; Zamora, Monroy, & Chávez, 2010). Para su procesamiento, se utilizó la técnica de saturación de categorías, que implica que los datos se vuelven repetitivos o redundantes (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018), lo que permitió identificar las variables principales.

Los problemas financieros (Ortiz, Cabal, & Mena, 2014; Beaver, 1968; Caro, Arias, & Ortiz, 2017) y administrativos son variables que afectan directamente a las empresas de cualquier tamaño (Posada, Aguilar, & Peña, 2016; Belausteguigoitia, 2017). La inflación, las condiciones económicas (Beaver, 1968; Tascón & Castaño, 2012; Caro, Arias, & Ortiz, 2017) del país y la situación política y fiscal del mismo (Peña, Aguilar, & Posada, 2017; Ortiz, Cabal, & Mena, 2014; Tokic, 2018), repercuten en la bancarrota. Mientras que, en España, la actividad económica, el desempleo (Tokic, 2018), la situación financiera (Tokic, 2018) y los aspectos legales propios del país, provocaron el cierre de empresas (García-Marí, Sánchez-Vidal, & Tomaseti-Solano, 2016), situación que puede replicarse en otros países Latinoamericanos como en el caso de México.

La deflación es la causante de la caída de los precios de los productos provocando retraso en el consumo y a su vez, desempleo (Tokic, 2018). En un periodo deflacionario (provoca problemas inflacionarios) afectando los precios al consumidor (Charemza, Makarova, & Wu, 2017; Baqueiro, Díaz de León, & Torres, 2004), así, el gobierno puede perder ingresos al reducir la tasa de impuesto que no esté relacionada a los precios (Tokic, 2018), por lo tanto, el gobierno no puede incrementar un recorte de impuestos contracíclico (BM, 2017) durante un periodo deflacionario, sino por el contrario debe poner más énfasis en las políticas monetarias para bajar la inflación y generar estabilidad en el tipo de cambio.

Una razón por la cual las empresas cierran se debe a la existencia de un proceso inflacionario, provocando desempleo (Tokic, 2018), así, las empresas familiares que contratan trabajadores de la zona (Belausteguigoitia, 2017) pueden perder su fuerza laboral y cerrar. El desempleo laboral es poco considerado o subvalorado (García-Marí, Sánchez-Vidal, & Tomaseti-Solano, 2016; Belausteguigoitia, 2017). Por lo tanto, las empresas, buscan tener la menor

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

rotación de empleados, para logra tener una mayor estabilidad evitando un desempleo generalizado (García-Marí, Sánchez-Vidal, & Tomaseti-Solano, 2016). Las principales causas de abandono son: la falta de capacitación, falta de experiencia, problemas con otros trabajadores, falta de formación académica, problemas legales y laborales, falta de tiempo, cambio o abandono de trabajo (Ortiz, 2013; Peña, Aguilar, & Posada, 2017; Ortiz, Cabal, & Mena, 2014; Andrade, Ramírez, & Sánchez, 2018).

El alza del precio de los combustibles y la proveeduría de materiales, son variables que impactan en el cierre de empresas (Peña, Aguilar, & Posada, 2017). Los problemas de energía eléctrica encarecen los costos (Ortiz, 2013; Ortiz, Cabal, & Mena, 2014; Peña, Aguilar, & Posada, 2017). Estos recursos son compromisos que n proveedor debe de cumplir ya que puede repercutir en el cierre de las empresas (Posada, Aguilar, & Peña, 2016).

Los problemas de inseguridad y violencia son considerados como un factor que determina el cierre de empresas en México (Peña, Aguilar, & Posada, 2017). No así en otros países de Latinoamérica (Ortiz, 2013). Propiciado ventas bajas, como consecuencia se da el cierre de la empresa, además de la precisión ejercida por los grupos delictivos a los empresarios (Andrade, Ramírez, & Sánchez, 2018; Peña, Aguilar, & Posada, 2017).

La tecnología e innovación puede provocar la bancarrota de las empresas, principalmente porque no reconocer, identificar o generar nuevos productos o servicios, quedado obsoletas. Para esto es necesario una transformación en sus procesos creando nuevos productos o servicios puede (CONACYT, 2022; Salinas-Reyes, Badillo-Piña, & Tejeida-Padilla, 2018) además de optimizar los proceso, comunicación y provoca la expansión a nuevos mercados (Lozada-Pinta, Valarezo-Romero, Salcedo-Muñoz, & Sotomayor-Pereira, 2020; Ahi, Sinkovics, Shildibekov, Sinkovics, & Mehandjiev, 2021). Los regímenes de innovación aseguran que el desarrollo económico depende la innovación y tecnología, por lo que es fundamental para la economía de las empresas (Hodgson, 2019; Prusak, Morawska, Łukowski, & Banasik, 2021; Sell, 2020; Kraftova & Kraft, 2018). Así, el uso inadecuado de la tecnología puede provocar crisis económicas en la infraestructura productiva de las empresas, causando desempleo, además de poner en riesgo su salud (Lozano, Lozano, & Robledo, 2020; OIT, 2022).

Se necesitan métodos innovadores para adaptarse a situaciones como la pandemia del coronavirus (COVID-19) y el estancamiento económico que causo en el 2020, creando volatilidad en los mercados de capital (Khan, Khan, & Shafiq, 2021; Ruiz, Koutrouas, & Lee, 2021). El COVID-19 forzó la adopción de tecnológica e innovación por las empresas obligándolas a trabajar sin la capacitación, para desarrollar comercio electrónico (IFC, 2022).

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

Cuadro 1. Relación de autores y variables saturadas que determinan el cierre de empresas.

Autores		Variable saturada
- García-Marí et al. (2016) - Posada et al., (2016) - Belausteguigoitia (2017) - Peña et al. (2017) - Ortiz et al. (2014) - Beaver (1968) - Tokic (2018)	- BM (2017) - Baqueiro et al. (2004) - Charemza et al. (2017) - Tascón & Castaño (2012) - Caro et al., (2017)	1. Situación deflacionaria, 2. Producto Interno Bruto, 3. Tipo de cambio, 4. Confianza en el consumidor y/o en precios, 5. Situación económica, 6. Situación financiera, 7. Situación inflacionaria
- García-Marí et al. (2016) - Belausteguigoitia (2017) - Tokic (2018) - Ortiz (2013)	- Andrade et al. (2018) - Peña et al. (2017) - Ortiz et al. (2014)	8. Laborales (desempleo, rotación de personal o mano de obra)
- Ortiz et al. (2014) - Posada et al. (2016)	- Peña et al. (2017) - Ortiz (2013)	9. Proveeduría de materiales 10. Recursos energéticos.
- Posada et al. (2016) - Andrade et al. (2018)	- Peña et al. (2017) - Ortiz (2013)	11. Inseguridad, violencia y delitos
- CONACYT, (2022) - Lozada et al. (2020) - Kraftova & Kraft (2018) - Sell (2020)	- Prusak et al. (2021) - Hodgson (2019) - Salinas-Reyes et al. (2018) - Ahi et al. (2021)	12. Tecnología e innovación
- OIT (2022) - Ruiz et al. (2021)	- Khan et al. (2021) - Lozano et al. (2020)	13. Pandemias

En el cuadro 1 se observó, que las variables saturadas se pueden agrupar, ya que existen algunas que son redundantes. Para la agrupación, primero se analizó cuales variables son redundantes o que se puedan incluir unas en otras. Por mencionar, la situación inflacionaria fue absorbida por la situación deflacionaria, ya que la deflación agrupa periodos consecutivos de inflación, como acción siguiente se investigó que indicador satisfacía esta variable, encontrando el índice de deflación perteneciente a México emitido por el Banco Mundial [BM] (BM, 2022.-c). Caso contrario ocurrió con la confianza en el consumidor y/o en precios, separando está en dos variables ya que se encontró un índice para cada una de ellas. Según Tascón & Castaño (2012), Beaver (1968) utilizó una metodología univariante sobre seis categorías de ratios (Tascón & Castaño, 2012; Beaver, 1968). Tascón y Castaño (2012),

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

expresan que el análisis univariante debe estar presente en la fase inicial de cualquier investigación ya que trata de determinar la significancia de cada ratio para explicar el fracaso. A partir de 1968, se comenzó a trabajar con modelos multivariantes, destacando Altman (1968), la cual usó predictores de quiebra mediante el Análisis Discriminante Múltiple, Aunque su mayor aportación vino con el modelo Z-score (Peña, Martínez, & Abudu, 2009; Tascón & Castaño, 2012) ya que identifica los riesgos de bancarrota. Estas investigaciones (Altman, 1968; Beaver, 1968), Estos modelos han sido adaptados y probados usando nuevas tecnologías, encontrando nuevas propuestas que determinar factores de bancarrota (Peña, Martínez, & Abudu, 2009).

Existen otros modelos como los árboles de clasificación (Caro, Guardiola, & Ortiz, 2018). Se optó por el Análisis Factorial Exploratorio (AFE), dado que este método, expresa variables manifiestas (observables) como una combinación lineal de variables latentes (hipotéticas), llamadas factores (Cuadras, 2019). El análisis factorial es una técnica multivariante que detecta variables latentes, llamadas constructos, estas son variables que se miden de manera directa y son estimadas por la agrupación de variables manifiestas (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010).

Cuando no se tiene certeza sobre la cantidad de variables latentes, se utiliza la extracción de factores de manera secuencial, para incorporar hasta lograr un ajuste, dando lugar al AFE. Ese análisis es usado cuando se desconoce el número de factores que subyacen de las variables observadas. La principal desventaja de usar el AFE es encuentra cuando los factores encontrados no tienen ninguna interpretación; pero cuando se logra determinar el número preciso de factores, entonces se da paso al Análisis Factorial Confirmatorio (AFC).

Las principales aplicaciones del AFE son en psicología (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014), en medicina (Batista-Foguet, Coenders, & Alonso, 2004), aplicando test, cuestionarios o entrevistas (Ledesma, Ferrando, & Tosi, 2019). Fue Cornejo (2018) quien utiliza el AF con índices publicados por organizaciones u organismos estatales y nacionales, en lugar de realizar entrevistas o encuestas a las empresas.

Método

Se realizó la investigación en el Estado de Guanajuato, México, en el año 2022. La entidad cuenta con una población de 6,331,142 habitantes, los sectores de mayor crecimiento son el sector comercial y de servicios (SEIEG, 2022).

Para esta investigación es necesario saber si las variables manifiestas se pueden agrupar en factores (causantes de la bancarrota), según Lloret-Segura (2014), cuantas más variables existan y midan con precisión un factor, más determinado estará el citado factor (que debe de contener 3 o 4 variables), para ser más estable. Para lograrlo es necesario discriminar variables, la primera acción fue la agrupación con características similares o conceptos iguales con diversos nombres que puedan ser absorbidas unas por otras. A continuación, fueron separadas en variables internas y externas, donde las internas fueron las variables cuya información se obtiene directamente de la empresa, estas fueron descartadas. Las variables

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

categorizadas como externas obtienen la información a partir de indicadores publicados por organizaciones como el Estado de Guanajuato, el INEGI o el BM. Ya definidas las variables externas, se usó la técnica de saturación de categorías (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018), obteniendo 13 variables principales.

Para realizar el AFE y AFC, se usó IBM ® SPSS ® Statistics ver. 23 (SPSS) en español. SPSS necesita que cada variable tenga la misma longitud en los datos y la misma escala. Para cumplir este requerimiento, se seleccionó el periodo que abarca del 2001 al 2022. Para lograr la misma escala (independiente de las unidades en la que expresan los datos), se convirtió a porcentaje los valores que cada uno de los indicadores, de esta manera no importa en que unidad estén publicados originalmente (Cornejo, 2018; Black, 2019). Además, de la homogenización de los datos en porcentajes hay que realizar un paso previo, el cual consiste en tomar una base anual de los datos, cuando los datos se encuentran en un periodo diferente se realizó un promedio anual.

Existen variables que se discriminaron por no cumplir con los criterios anteriores, como es el caso de la proveeduría de materiales o la tecnología e innovación, ya que no existe organización que emita algún índice referente a estos. Estos, depende en gran medida de la percepción del empresario, por lo tanto, para recabar la información sería necesaria recopilarla por medio de cuestionarios (Peña, Aguilar, & Posada, 2017) o encuestas (Ortiz, 2013). Otra variable que no cumple con este requerimiento es la variable del COVID-19, el cual se publicó del diariamente del 15 de marzo del 2020 al primero de abril del 2023 (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2023). La última variable que no cumple con el parámetro es el Índice de Paz México (IEP, 2022); los reportes emitidos por esta organización comienzan recién en el año 2015 y hasta la publicación de esta investigación solo tenían publicado su reporte al año 2022.

De las trece variables expresadas, fueron discriminadas las cuatro que un superaron los criterios anteriores, dejando solamente nueve variables para su análisis, las cuales serán descritas a continuación; cabe señalar que cada índice es expresado con sus métricas originales tal cual es publicado, para posteriormente ser homogenizado a porcentajes, como se describió anteriormente.

- 1) El índice de deflación del Producto Interno Bruto (X1) emitido por el BM para México (BM, 2022.-c), que mide la inflación según la tasa de crecimiento anual.
- 2) El PIB per cápita para México (X2), emitido por el Banco Mundial (BM, 2022.-a). Donde el PIB per cápita es el PIB dividido entre la población a mitad del año.
- 3) El tipo de cambio (X3) éste es emitido por el Banco de México (BANXICO), se publica de forma diaria (lunes a viernes) desde el 19 de abril de 1954. (BANXICO, 2022.-b).
- 4) La tasa de crecimiento (porcentual) anual del PIB (X4) emitido por el BM. El PIB es la suma del precio del comprador (valor agregado bruto) de los productores residentes más los impuestos a los productos, menos los subsidios no incluidos (BM, 2022.-b).
- 5) El total de delitos cometidos (X6) es un índice que publica el Observatorio Nacional Ciudadano, (ONC), es la sumar todos los delitos cometidos. Se obtiene del apartado de Guanajuato, donde a mayor calificación, mayor la cantidad de delitos (ONC, 2022).

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

- 6) El precio de la mezcla mexicana de petróleo (X7) crudo de exportación, es publicado por BANXICO y Petróleos Mexicanos, utilizando las fórmulas de precio por región geográfica con el cierre diario de las cotizaciones (BANXICO, 2022.-a).
- 7) El índice nacional de precios al consumidor (X8), es publicado por el INEGI y se obtiene midiendo la variación de los precios de la canasta de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares mexicanos (INEGI, 2022.-b).
- 8) La confianza del consumidor (X9); publicado por el INEGI, se obtiene de promediar índices de referencia de la económica actual y esperada del hogar del encuestado. Además de considerar la situación actual al momento de la compra (INEGI, 2022.-a).
- 9) Tasa de desocupación (X10); indicador publicado por el BM, estimación modelada para México por la OIT (BM, 2023).

Al no conocer la cantidad de factores que subyacen a las variables manifiestas, es recomendable usar el AFE, ya que ayuda a determinar patrones en la relación entre factores y variables (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014), de esta manera, se logra construir la teoría que será ratificada por el AFC.

El AFE se divide en dos etapas. La primera etapa consiste en determinar si hay una correlación entre las variables, utilizando el porcentaje de varianza (%Var) y la varianza como indicadores. Si no se encuentra ninguna correlación, entonces se deberán revisar las variables. Pero, si se detecta una correlación, se pueden agrupar las variables en factores y preceder a la segunda etapa del análisis. En esta etapa, se utiliza el método de máxima verosimilitud junto con la rotación de factores para confirmar la existencia de los factores identificados en la primera etapa.

Se utilizó el método de extracción de componentes principales, permitiendo determinar la correlación entre variables, no así el número exacto de factores, pero si identifica las dimensiones (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014), por lo tanto, se utilizó el porcentaje de varianza (%Var), que para las ciencias Sociales, los criterios propuestos sugieren una extracción de factores del 60% de la varianza total (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010; Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014). Así como la varianza para seleccionar los factores, se toman aquellos que su valor sea mayor o igual a uno (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010; Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014).

El método de Máxima Verosimilitud evalúa la influencia de cada factor en cada variable. Este método permite examinar el patrón de influencia con el fin de identificar el factor que tiene mayor impacto en cada variable. Si los valores obtenidos se acercan a 1 o -1, se interpreta que la variable es afectada considerablemente, si la influencia se aproxima a cero (0), significa que la influencia es baja. Además, cada variable solo puede ser asignada a un factor, el cual será aquel que tenga el valor más alto o cercano a ± 1 (Cuadras, 2019). La rotación Varimax es la más usada en las cargas factoriales, donde cada variable tiene una sola carga en un solo factor (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010; Cuadras, 2019). Aunque existen otros métodos de rotación ortogonal, el Varimax es el que cuenta con mayor popularidad y es que usaremos en este análisis. Con esta información se espera que la suma

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

acumulada del %Var sea mayor o igual a 60% lo que indica que los factores obtenidos y sus variables son las adecuadas (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010).

Resultados y discusión

Los datos de las variables observados en la figura 1, son obtenidos de los índices, están ordenados en forma descendente del año 2022 al 2001, además, están expresados en porcentajes. Los datos fueron capturados en SPSS. A la primera iteración de los datos se les aplicó el método de extracción de los componentes principales, para determinar si existe correlación entre las variables y si se pueden agrupar en factores.

X1	X2	X3	X4	X6	X7	X8	X9	X10
88.33	96.40	93.59	27.92	100.00	87.68	100.00	94.87	61.72
64.86	94.12	94.35	47.79	97.02	63.35	92.68	95.32	76.31
52.34	90.38	100.00	-100.00	89.75	34.98	87.69	82.62	83.02
51.80	98.95	89.58	-12.18	98.62	55.00	84.81	100.00	64.93
62.13	100.00	89.49	14.18	94.20	60.87	81.84	87.47	61.01
84.31	98.79	87.95	11.74	84.12	45.44	78.01	78.12	63.81
70.40	97.79	86.93	17.03	76.62	35.16	73.57	81.20	72.01
35.61	96.37	73.87	24.20	70.80	43.32	71.55	84.88	80.41
55.76	94.40	61.88	18.27	66.51	85.88	69.66	83.65	89.74
19.21	92.93	59.40	32	57.61	96.70	66.96	87.80	91.60
51.07	92.90	61.26	25.48	54.50	100.00	64.51	88.91	91.23
73.39	90.90	57.82	25.35	55.44	98.83	61.96	85.36	96.46
57.09	88.95	58.74	43.13	54.87	70.54	59.92	81.16	98.88
49.58	85.75	62.79	-74.53	60.57	56.47	57.53	75.91	100.00
77.53	91.66	51.84	-1.51	58.49	84.67	54.63	84.97	72.20
72.71	91.78	50.83	11.02	59.68	59.90	51.97	95.57	67.72
80.25	90.91	50.72	35.62	57.36	52.27	49.99	99.39	66.60
73.78	88.19	50.65	9.89	54.78	41.89	48.24	93.46	66.42
100.00	87.44	52.50	27.78	48.89	30.59	46.39	89.26	73.51
50.74	85.39	50.20	-.59	45.20	24.29	44.31	89.53	64.55
69.12	85.43	44.99	-17.89	46.73	21.18	42.38	91.15	55.97
75.88	86.78	43.43	-22.28	46.75	18.33	40.35	99.64	49.07

Figura 1. Datos de las variables obtenidos de indicadores capturados en SPSS.

Se encontró que existe una correlación en al menos tres posibles factores. Cuya varianza de cada factor fuera mayor o igual a uno y donde la suma del porcentaje de varianza (%Var) fuera de al menos 60% (aplicado para las ciencias sociales) aunque lo ideal sería que fuera superior a 80% (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010; Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014).

Con los datos de la figura 1, al realizar la primera iteración, se obtuvieron factores que cumplieron con las condiciones descritas, encontrado que del factor uno, se obtiene un porcentaje de varianza de 40.927 con una varianza de 3.683, del factor dos el porcentaje de Varianza fue de 24.032, con una varianza de 2.163 y el factor tres su porcentaje de varianza fue de 16.508, con una varianza de 1.486. Los demás factores tuvieron una varianza menor a uno por lo que fueron descartados, la suma del porcentaje de varianza de estos tres primeros factores fue de 81.468%. Por lo tanto, se realizó el AFE considerando solo tres factores.

Una vez que se definió el número de factores y se demostró que existe correlación en las variables, se realizó el AFE, se utilizó el método de extracción de máxima verosimilitud, además, se usó la rotación Varimax, ordenando las variables por los valores de influencia.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Los valores de influencia deben de ser mayores a 0.5 (Kline, 2015; Jöreskog, 1970; Brown, 2015; Schreiber, 2017) esto indica que las cargas menores a 0.5 no están muy relacionadas con el factor correspondiente y puede afectar negativamente en la presión del modelo por lo que se puede sugerir su eliminación. Si se obtiene un valor menor a 0.5 se puede verificar la eliminación de la variable realizando la matriz anti-imagen, se recomienda eliminar la variable que sea la que tenga el valor más bajo que se encuentre en la diagonal de valores (esos valores van acompañados de un superíndice a), representan las correlaciones únicas entre cada para de variable medida, (Jöreskog, 1970; Kline, 2015). Si en ambas situaciones coincide la misma variable, se puede eliminar.

Se realizó la segunda iteración obteniendo los siguientes resultados: Así, el Factor uno se compone de las variables X6, X3, X8 y X2, los cuales obtuvieron los siguientes valores de influencia (VI) 0.981, 0.978, 0.971, 0.790 respectivamente. Para el factor dos se compone de las variables X10 con VI de 0.935, X9 con un VI de -0.709 y el factor tres se conforma con la variable X7 con un VI de 0.810, las variables X1 y X4 en los tres factores obtienen valores menores a 0.5, por lo que son candidatos para ser eliminados del AFE, por lo que se realizó la matriz anti-imagen, los valores obtenidos de la matriz anti-imagen para X1 fue de 0.213 y para X4 fue de 0.299, por lo que se corrobora que ambas variables se pueden eliminar.

Se realiza una tercera iteración con los mismos parámetros descritos para el AFE, en esta ocasión se observó que el primer factor obtiene una varianza de 3.656 y un %Var de 52.229, el factor dos obtiene una varianza de 1.892 con un %Var de 27.027, entre estos dos factores suman un porcentaje de varianza de 68.535 valor superior al 60% (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010; Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014) requerido para las ciencias sociales. El tercer factor obtiene una varianza de 0.918, menor al ± 1 (Zamora, Monroy, & Chávez, 2010; Cuadras, 2019) esperado para ser considerado como un factor. Por lo que el tercer factor al no superar esta condición fue eliminado. Además, se observó que el primer factor estaba conformado por las variables X3, X8, X5 y X2. No así los factores dos y tres, donde el primero estaba conformado solamente por la variable X7 y el segundo por las variables X9 y X10. Para que se pueda considerar un factor, debe de estar conformado por al menos tres variables manifiestas (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014). Quedando así, solo dos factores con siete variables por agruparse entre ellos.

Con esta información, se realizó el Análisis Factorial Confirmatorio, esta última iteración utilizó el método de máxima verosimilitud y rotación Varimax (Cuadras, 2019; Casais, Flores, & Domínguez, 2017), así como la bondad de ajuste de chi-cuadrada (Casais, et al., 2017; Zamora, et al., 2010). En el Cuadro 2 adicionalmente se incluyó la normalización de Kaiser (KMO), obteniendo los resultados ordenados según su influencia en el factor. Si la prueba de KMO dan un valor inferior a 0.5, (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018) se puede descartar, ya que si se consideran una matriz con valores para KMO por debajo de .50 es inadecuada para el AF; mediocre si estos valores oscilaban entre .60 y .69; y satisfactoria solo valores de .80 en adelante (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014; Cuadras, 2019).

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Al momento de realizar el AFC donde se usaron solo siete variables de las nueve observadas, así como definir el número de factores a solo dos (ver cuadro 2), se obtuvieron los siguientes resultados; cada variable que conforma un factor tiene un nivel de influencia mayor a 0.5, las varianzas del factor uno es de 3.656 con un %Var de 52.229, para el Factor dos la varianza es de 1.892 con un %Var de 27.027, con un porcentaje de varianza acumulado entre ambos factores del 74.833 %, según Lloret-Segura et al. (2014) se puede considerar como ideal ya que supera el 60% mínimo para aplicarse a las ciencias sociales.

Para una solución ajustada a dos factores, según los índices descriptivos obtenidos de chi-cuadrada que son: $X^2=169.687$, grados de libertad (gl) = 21, Significancia (Sig) = 0.0000. Los parámetros de comparación del nivel de significancia más comunes son 0.05 y 0.01, si es cero es ideal (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018). Se observó que el valor de X^2 obtenido tiene un valor mayor que el encontrado en tablas de referencias de X^2 (Black, 2019). Por lo tanto, del AFC se observa en el cuadro 2, que las variables se agrupan en dos grandes factores, estos fueron denominados, económico externo e interno (Andrade, Ramírez, & Sánchez, 2018; Peña, Aguilar, & Posada, 2017).

Realizando un comparativo entre el cuadro 1 (T1) y el 2 (los índices utilizados) se observa que la variable X6 se describe como el total de delitos cometidos y en la T1 se relaciona a la inseguridad, violencia y delitos. La variable X3 es el tipo de cambio que se define igual en ambos cuadros. X8 es el índice nacional de precios y se relaciona con el precio en la T1. X2 es el PIB per-capital y se relaciona con el PIB en la T1. La variable X10 usa el índice de tasa de desocupación y se relaciona con la T1 con laborales como desempleo, rotación de personal o mano de obra. X7 usó el índice de precio de la mezcla mexicana de petróleo y se relaciona con recursos energéticos con la T1 y por último X9 el índice de confianza del consumidor se relaciona con la confianza del consumidor con la T1.

Cuadro 2. Carga de factores rotados, utilizando el método de extracción de Máxima Verosimilitud con rotación Varimax y con normalización de Kaiser, aplicando reducción de variable.

Variables	Económico externo	Económico interno
X6	0.988	-0.045
X3	0.964	0.091
X8	0.963	0.209
X2	0.787	-0.009
X10	-0.091	0.978
X7	0.172	0.615
X9	-0.018	-0.600

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Se tomó la decisión de clasificar los factores como internos y externos basándose en la propuesta de clasificación presentada por Peña et al. (2017), donde en su clasificación, usó variables como el tipo de cambio, problemas de violencia y/o inseguridad e inflación, las cuales fueron agrupadas como factores externos (Peña, Aguilar, & Posada, 2017). Por su parte Andrade et al. (2018) realizaron agrupaciones de variables en factores externos e internos.

Se logró comprobar la hipótesis planteada originalmente, la cual buscaba demostrar que existen dos factores uno económico externo y otro económico interno, con un %Var de 52.229 y 27.027 respectivamente. En este caso para el factor económico externo está conformado por el total de delitos cometido (X6) con un VI de 0.988, el tipo de cambio (X3) con un VI de 0.964, el índice nacional de precios (X8) con un VI de 0.963 y el PIB per-capital para México con una influencia de 0.787. Así, el factor económico interno se compone de tres variables manifiestas. La tasa de desocupación (X10), el precio de la mezcla mexicana de petróleo (X7) y la confianza del consumidor (X9), con un VI de 0.978, 0.615 y 0.600 respectivamente. El uso del Análisis Factorial Exploratorio y Confirmatorio fue una excelente herramienta para lograr este objetivo, demostrando que existe correlación entre las variables manifiestas, que impactan en la bancarrota de las empresas del Estado de Guanajuato. Aceptando la hipótesis propuesta.

Conclusión

Las variables manifiestas que conforman el factor económico externo son variables que salen del alcance del empresario, que no puede controlar pero que debe de monitorear de manera constante para anticiparse a cualquier movimiento macroeconómico que pueda impactar en su empresa. Por el contrario, las variables que conforman el factor económico interno son completamente responsabilidad del empresario, como lo reducción del desempleo en la organización se pueden implementar políticas que ayuden a reducir este riesgo, así como la confianza al consumidor, donde se pueden aplicar diversas políticas empresariales para favorecer el consumo y activar el mercado. La mezcla mexicana del petróleo afecta a las empresas en el alza del consumo de energía eléctrica, la gasolina o Diesel para los vehículos o plantas de energía, por lo que está al alcance del empresario cambiar a energías limpias como paneles solares o energía eólica para reducir la dependencia de este insumo, así como el cambio gradual a vehículos híbridos o gas, en lugar de los vehículos tradicionales gasolina o Diesel.

Una aportación adicional a esta investigación fue el uso de índices publicados por diferentes organizaciones, en lugar de aplicar encuestas, test, entrevistas o cuestionarios (Ledesma, Ferrando, & Tosi, 2019). La conclusión es que el AFE y AFC se puede usar en otras áreas como la administración, así como se usa principalmente en psicología (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014), pedagogía (Cuadras, 2019) o medicina (Batista-Foguet, Coenders, & Alonso, 2004).

La mayor dificultad fue encontrar fuentes confiables de organismos estatales, nacionales o internacionales, debido a que los índices no se ajustaban a las variables encontradas.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

La información obtenida del AFC, permite dar un paso natural para realizar un modelo de ecuaciones estructurales (MEE), ya que se considera una extensión de técnicas multivariantes de regresión múltiple del AF (Escobedo, Hernández, Estebané, & Martínez, 2016). Las ventajas que tiene usar el MEE es que prueba simultáneamente la relación directa, la indirecta y total entre las variables (Manzano, 2017). Una vez obtenido el MEE sería necesario verificar si el modelo propuesto, permite predecir el cierre de las empresas validándolo de forma experimental.

Referencias bibliográficas

- Ahi, A., Sinkovics, N., Shildibekov, Y., Sinkovics, R., & Mehandjiev, N. (2021). Advanced technologies and international business: A multidisciplinary analysis of the literature. *International Business Review*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2021.101967>
- Altman, E. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), 589-609. doi:10.2307/2978933
- Andrade, N. J., Ramírez, P. E., & Sánchez, P. H. (2018). Factores determinantes de fracasos empresariales en Neiva (Colombia) durante el periodo 2000-2014. *Espacios*, 39(16), 9-18. Retrieved from <https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/a18v39n16p09.pdf>
- BANXICO. (2022.-a, junio 10). *Precio de la mezcla mexicana de petróleo*. Retrieved from <https://www.banxico.org.mx/apps/gc/precios-spot-del-petroleo-gra.html>
- BANXICO. (2022.-b, junio 14). *Serie histórica diaria del tipo de cambio peso-dólar – (CF373)*. Retrieved from <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF373§or=6&locale=es>
- Baqueiro, A., Díaz de León, A., & Torres, A. (2004). ¿Temor a la flotación o a la inflación? La importancia del “traspaso” del tipo de cambio a los precios. *Ensayos Sobre Política Económica*, 21(44), 64-94. doi:<https://doi.org/10.32468/Espe.4402>
- Batista-Foguet, J. M., Coenders, G., & Alonso, J. (2004). Análisis factorial confirmatorio. Su utilidad en la validación de cuestionarios relacionados con la salud. *Medicina Clínica*, 122(1), 21-27. doi:10.1157/13057542
- Beaver, W. (1968). Alternative Accounting Measures as Predictors of Failure. *The Accounting Review*, 43(1), 113–122. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/244122>
- Belausteguigoitia, R. I. (2017). *Empresas familiares: dinámica, equilibrio y consolidación* (4a ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Black, K. (2019). *Business statistics for contemporary decision making* (10a ed.). United State: John Wiley & Sons, Inc.
- BM. (2017, octubre 12). *Políticas procíclicas Vs. Políticas contracíclicas*. Retrieved from <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2017/10/12/politicas-prociclicas-politicas-contraciclicas>

12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

- BM. (2022.-a, julio 14). *PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010) – México*. Retrieved from <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KD?locations=MX>
- BM. (2022.-b, junio 14). *Crecimiento del PIB per cápita (% anual) – México*. Retrieved from <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KD.ZG?end=2019&locations=MX&start=1961&view=chart>
- BM. (2022.-c, julio 14). *Inflación, índice de deflación del PIB (% anual) - México*. Retrieved from <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.DEFL.KD.ZG?end=2019&locations=MX&start=1961&view=chart>
- BM. (2023, 7 19). *Desempleo, total (% de la población activa total)*. Retrieved from Estimación modelado OIT: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=MX>
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford Publications.
- Caro, N. P., Arias, V., & Ortiz, P. (2017). Predicción de fracaso en empresas latinoamericanas utilizando el método del vecino más cercano para predecir efectos aleatorios en modelos mixtos. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 24(1), 5-24. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10419/195380>
- Caro, N. P., Guardiola, M., & Ortiz, P. (2018). Árboles de clasificación como herramienta para predecir dificultades financieras en empresas Latinoamericanas a través de sus razones contables. *Contaduría y Administración*, 63(1), 1-14. doi:10.22201/fca.24488410e.2018.1148
- Casais, D., Flores, M., & Domínguez, A. (2017). Percepción de prácticas de crianza: análisis confirmatorio de una escala para adolescentes. *Acta de Investigación Psicológica*, 7(2), 2717-2726. doi:10.1016/j.aiprr.2017.06.001
- Charemza, W., Makarova, S., & Wu, Y. (2017). Forecasting the duration of short-term deflation episodes. *Journal of Forecasting*, 37(4), 475-488. doi:<https://doi.org/10.1002/for.2514>
- CONACYT. (2022). *Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico, Vinculación e Innovación*. Retrieved from <https://conacyt.mx/conacyt/areas-del-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion/>
- Cornejo, S. M. (2018). *Propuesta de un sistema básico de indicadores de desempeño y de calidad en el Tecnológico Nacional de México*. [Tesis de doctorado no publicada]: Universidad de Celaya.
- Cuadras, C. M. (2019). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. Barcelona: CMC Editions.
- Escobedo, M. T., Hernández, J. A., Estebané, V., & Martínez, G. (2016). Modelos de ecuaciones estructurales: Características, fases, construcción, aplicación y resultados. *Ciencia & trabajo*, 18(55), 16-22. doi:10.4067/S0718-24492016000100004
- Estrada, B. A. (2021). *Factores determinantes de la insolvencia empresarial: caso aplicado a la bolsa mexicana de valores*. [Tesis de doctorado no publicada]: Universidad Autónoma de Nuevo León.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

- García-Marí, J. H., Sánchez-Vidal, J., & Tomaseti-Solano, E. (2016). Fracaso empresarial y efectos contagio. Un análisis espacial para España. *El trimestre económico*, 83(330), 429-449. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2016000200429&lng=es&tlng=es.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (2023, 7 7). *Gobierno del Estado de Guanajuato*. Retrieved from Coronavirus Guanajuato; gráficas/contagios: <https://coronavirus.guanajuato.gob.mx/>
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas*. Ciudad de México, México : Mc Graw Hill.
- Hodgson, G. M. (2019). Prospects for institutional research. *RAUSP Management Journal*, 54(1), 112-120. doi:<https://doi.org/10.1108/RAUSP-11-2018-0112>
- IEP. (2022, mayo). *Índice de Paz México 2022: Identificar y medir los factores que impulsan la paz*. Retrieved from <https://static1.squarespace.com/static/5eaa390ddf0dcb548e9dd5da/t/628352adf141dd50d7005d60/1652773595251/ESP-MPI-2022-web.pdf>
- IFC. (2022, marzo 15). *En México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020*. Retrieved from <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoendutih2020.pdf>
- INEGI. (2022.-a, julio 9). *Confianza del consumidor*. Retrieved from <https://www.inegi.org.mx/temas/confianza/default.html#Tabulados>
- INEGI. (2022.-b, julio 14). *Índice nacional de precios al consumidor y sus componentes*. Retrieved from https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.aspx?nc=ca55_2018
- INEGI. (2022-c, julio 20). *Esperanza de vida de los negocios a nivel nacional y por entidad federativa*. Retrieved from https://www.inegi.org.mx/temas/evnm/default.html#Informacion_general
- Jöreskog, K. G. (1970). A GENERAL METHOD FOR ESTIMATING A LINEAR STRUCTURAL EQUATION SYSTEM. *ETS Research Bulletin Series*, 1970(2), i-41. doi:10.1002/j.2333-8504.1970.tb00783.x
- Khan, A., Khan, N., & Shafiq, M. (2021). The Economic Impact of COVID-19 from a Global Perspective. *Contemporary Economics*, 15(1), 64-75. doi:10.5709/ce.1897-9254.436
- Kline, R. (2015). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (4a ed.). The Guilford Press.
- Kraftova, I., & Kraft, J. (2018). The Relationship between Pro-Innovation Factors and the Performance of the European Union Member States and their Regions. *Engineering Economics*, 29(4), 424 - 433. doi:<http://dx.doi.org/10.5755/j01.ee.29.4.19703>
- Ledesma, R. D., Ferrando, P. J., & Tosi, J. D. (2019). Uso del Análisis Factorial Exploratorio en RIDEP. Recomendaciones para autores y revisores. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación*, 52(3). doi:10.21865/RIDEP52.3.13

12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada *Anales de Psicología*. *Anales de psicología*, 30(3), 1151-1169.
doi:<http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Lozada-Pinta, J. G., Valarezo-Romero, C. A., Salcedo-Muñoz, V. E., & Sotomayor-Pereira, J. G. (2020). Factores determinantes del fracaso empresarial en la ciudad de Machala, provincia de El Oro (Ecuador) durante el periodo 2019. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(6-1), 206-217.
doi:<https://doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.389>
- Lozano, L., Lozano, S., & Robledo, R. (2020). Desempleo en tiempos de COVID-19: efectos socioeconómicos en el entorno familiar. *Journal of science and research*, 5(4), 187-197.
doi:10.5281/ZENODO.4110532
- Manzano, A. P. (2017). Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales. *Investigación en Educación Médica*, 7(25), 67-72. doi:10.1016/j.riem.2017.11.002
- OIT. (2022). *Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo. Tendencias 2022*. Organización Internacional del Trabajo. Unidad de Producción de Publicaciones (PRODOC) de la OIT.
doi:10.54394/LITX3868
- ONC. (2022, julio 27). *Total de delitos*. Retrieved from
<https://delitosmexico.onc.org.mx/tendencia?unit=folders&indicator=researchFoldersRate&group=anual&crime=0&state=0%2C11&domain=>
- Ortiz, M. (2013). El fracaso de la microempresa relacionado con las características individuales del propietario: un estudio empírico en Republica Dominicana. *FAEDPYME International Review*, 2(3), 39-48. doi:10.15558/fir.v2i3.34
- Ortiz, M., Cabal, M., & Mena, R. (2014). *Micro, pequeñas y medianas empresas en la República Dominicana 2013* (1a ed.). Santo Domingo, República Dominicana: Fondo para el Financiamiento de la Microempresa, Inc.
- Peña, A. N., Aguilar, R. O., & Posada, V. R. (2017). *Factores que determinan el cierre de la micro y pequeña empresa. Comparativo entre empresas activas e inactivas den México y Colombia* (1a ed.). Ciudad de México, México: Pearson.
- Peña, T., Martínez, S., & Abudu, B. (2009). Predicción de Bancarrota: Una Comparación de Técnicas Estadísticas y de Aprendizaje Supervisado para Computadora. *Banco de México*, 1-28. Retrieved from <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/documentos-de-investigacion-del-banco-de-mexico/%7B759A1DE6-3055-C2A6-E210-CE55BD64EB5D%7D.pdf>
- Posada, V. R., Aguilar, R. Ó., & Peña, A. N. (2016). *Análisis sistémico de la micro y pequeña empresa en México* (1a ed.). Ciudad de México, México: Pearson.
- Prusak, B., Morawska, S., Łukowski, M., & Banasik, P. (2021). The impact of bankruptcy regimes on entrepreneurship and innovation. Is there any relationship? *International Entrepreneurship and Management Journal*, 18(1), 473-498.
doi:<https://doi.org/10.1007/s11365-021-00773-3>

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

- Rodríguez, F. C., Maté, S.-V. M., & López, H. F. (2017). El contagio en el fracaso empresarial como consecuencia de la proximidad geográfica: un análisis con los estadísticos join-count aplicado al sector servicios. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 23(1), 75-97. Retrieved from www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2687
- Ruiz, M. A., Koutronas, E., & Lee, M. (2021). Staggression: The Economic and Financial Impact of the COVID-19 Pandemic. *Contemporary Economics*, 15(1), 19-33. doi:10.5709/ce.1897-9254.433
- Salinas-Reyes, M., Badillo-Piña, I., & Tejeida-Padilla, R. (2018). Determinantes sistémicos de viabilidad en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en México. *Científica*, 22(2), 147-156. doi:http://www.cientifica.esimez.ipn.mx/manuscritos/V22N2_147_156.pdf
- Schreiber, J. B. (2017). Update to core reporting practices in structural equation modeling. 13(3), 634-643. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2016.06.006>
- SEIEG. (2022, diciembre 05). *Instituto de planeación estadística y geografía. Cifras relevantes*. Retrieved from <https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/seieg/>
- Sell, F. L. (2020). Static and Dynamic Price Effects Motivated by Innovation and Imitation: Novel Insights Using the Barone's Curve. *Contemporary Economics*, 14(1), 73-89. doi:10.5709/ce.1897-9254.333
- Tascón, F. M., & Castaño, G. F. (2012). Variables y modelos para la identificación y predicción del fracaso empresarial: Revisión de la investigación empírica reciente. *RC-SAR*, 15(1), 7-58. doi:10.1016/S1138-4891(12)70037-7
- Tokic, D. (2018). Central Bank Independence and Deflation. *Public Administration Review*, 78(5), 803-808. doi:<https://doi.org/10.1111/puar.12919>
- Zamora, M. S., Monroy, C. L., & Chávez, Á. C. (2010). *Análisis factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas* (1a ed.). D.F. , México : CENEVAL.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Cadena de valor en el sector rural, Oaxaca

Evelia Rojas Alarcón¹³; Wendy Díaz Tápanes¹⁴

Resumen

Una cadena de valor de acuerdo con la metodología de la CEPAL (2017), comprende una amplia variedad de actividades requeridas para que un producto transite por varias etapas desde su concepción hasta sus consumidores, estas etapas son: concepción, diseño, producción, tránsito de la mercancía, consumo y manejo, y reciclaje final. Oaxaca es un estado que colinda al norte con Puebla y Veracruz Llave, al este con Chiapas, al sur con el océano pacífico y al oeste con Guerrero. Considerando las unidades de producción rurales, al menos el 69.4% cuenta con alguna actividad agropecuaria o forestal. El uso de suelo de un total de 3' 016, 826 hectáreas, comprenden la producción rural, de estas 49.3 % son de labor; 42.4% cuentan con pastos naturales, agostadero o enmontada; 7.3% con bosque o selva y el 1.1% se encuentra sin vegetación (INEGI, 1991). Cada año agrícola, se destinan alrededor de un millón 384 mil hectáreas de tierra para la agricultura, lo que sitúa a Oaxaca entre las entidades de México con más aportación agrícola al volumen nacional. En 2017 el gobierno de Oaxaca acordó el desarrollo de las capacidades en las cadenas productivas para generar innovaciones y establecer procesos de mejora continua (SE, 2017). El objetivo del presente trabajo de investigación consiste en realizar un diagnóstico del sector agrícola de Oaxaca, que permita definir las cadenas de valor existentes para impulsar las exportaciones verdes locales. El método por utilizar es un estudio de caso, con una técnica de entrevistas semiestructuradas. Se espera tener como resultado un escenario del contexto del sector agrícola de Oaxaca y a partir de ahí plantear una política pública que impulsen las exportaciones verdes a través de las cadenas de valor.

Palabras clave: Cadena de valor, Sector rural, Exportaciones verdes

Introducción

Esta investigación es resultado del proyecto SIP 20230322, donde el objetivo central es establecer una Política Pública para el sector rural a través de encadenamientos productivos regionales para contribuir a la Economía Circular. Se eligió el estado de Oaxaca por sus características y gran riqueza agrícola.

Oaxaca es un estado que se encuentra al norte 18°39', al sur 15°39' de latitud norte, al este 93°52', al oeste 98°30' de longitud oeste. Colinda al norte con Puebla y Veracruz Llave, al este con Chiapas, al sur con el océano pacífico y al oeste con Guerrero. Sus principales ríos son: Atoyac-verde, Copalita, Los perros, Espíritu Santo, Tehuantepec, Valle Nacional-

¹³ Doctora en Economía y Educación. Profesora investigadora del Instituto Politécnico Nacional- UPIICSA, proyecto SIP 20230322 correo: erojasa@ipn.mx

¹⁴ Maestrante de la Maestría en Ciencias en estudios interdisciplinarios para las Pymes, Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA, alumno BEIFI proyecto SIP20230322 correo: wdiaz2200@alumno.ipn.mx

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Papaloapam, Santo Domingo y Grande Salado. Representa el 4.8% de la superficie del país, se encuentra a una altitud de 1, 555 sobre el nivel del mar.

Sus principales localidades son: Oaxaca, Juchitán, Salina Cruz, Tehuantepec, Pochutla, Huatulco, Juquila, Pinotepa Nacional, Huajuapam, Tlaxiaco y Loma Bonita.

Los Distritos con mayor número de unidades de producción rurales con actividad agropecuaria o forestal son: Teotitlán, Tuxtepec, Juchitán, Tlaxiaco y Mixe en conjunto cuenta con el 32%. Considerando las unidades de producción rurales, al menos el 69.4% cuenta con alguna actividad agropecuaria o forestal. El uso de suelo de un total de 3' 016, 826 hectáreas, comprenden la producción rural, de estas 49.3 % son de labor; 42.4% cuentan con pastos naturales, agostadero o enmontada; 7.3% con bosque o selva y el 1.1% se encuentra sin vegetación (INEGI, 1991).

Recientemente, el secretario de economía, Jesús Rodríguez Socorro, sostuvo una reunión de trabajo con los responsables del Clúster Agroindustrial, esto a partir de que la producción agrícola oaxaqueña se colocó en el 2017 en el ranking nacional con el cultivo de 22 frutos y hortalizas, siendo la papaya, piña y limón el primer, segundo y tercer lugar nacional, respectivamente (SE, 2017).

En el encuentro se detalló lo concerniente a la fruticultura, una actividad que se desarrolla en más de 59 mil hectáreas del campo oaxaqueño, considerando 29 cultivos. Cada año agrícola, se destinan alrededor de un millón 384 mil hectáreas de tierra para la agricultura, lo que sitúa a Oaxaca entre las entidades de México con más aportación agrícola al volumen nacional.

Como resultado del encuentro, se acordó fortalecer los esquemas organizativos de los productores, con el objetivo de impulsar el desarrollo de las capacidades en las cadenas productivas, para establecer procesos de mejora continua, de aprendizaje tecnológico y se pretende articular los sistemas de producción tradicional con base en la capacitación, inversión y vinculación en la escala regional. Se dice que para ello se establecerán acuerdos de colaboración con instituciones de educación superior e investigación para armar los programas de capacitación que requieren los productores.

Las regiones oaxaqueñas con más actividad agrícola son: la Cañada, con la producción de limón, mango, chicozapote, granadilla, pera, manzana y ciruela; el Papaloapan, plátano, piña, naranja, sandía, melón y toronja; la Costa, con limón, mango, tamarindo, plátano, coco, naranja y papaya; el Istmo, con limón, mango, tamarindo, coco, piña, naranja, sandía y melón y la Sierra Sur, con mango, aguacate, plátano, durazno, naranja y papaya, que en conjunto suman más de 90% de la actividad frutícola del Estado.

Las otras regiones como la Sierra Norte, los Valles Centrales y la Mixteca son superficies aptas para el cultivo de aguacate, nopal tunero, manzana, durazno, nogal y granada roja, sin embargo, sólo se practica en traspatios o pequeñas parcelas semi-comerciales.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Entre los productos agroalimentarios y agroindustriales de exportación se encuentran el mezcal, café y jugo de frutas, así como concentrados de limón y frutas frescas como el mango.

Por todo lo anterior, se aplicó un método exploratorio de estudio de caso, a través de entrevistas semiestructuradas en la reciente Guelaguetza 2023. El presente trabajo plantea tres apartados: materiales y métodos, resultados y futuras líneas de investigación.

Materiales y Métodos

A partir de que el proyecto SIP20230322 fue aprobado, se eligió a Oaxaca por ser un estado con gran variedad agrícola para realizar las entrevistas, aprovechando su principal fiesta a celebrarse del 16 al 23 de julio “La Guelaguetza 2023”, la estancia se realizó del 17 al 19 de julio.

Las entrevistas se realizaron durante la fiesta, es decir, se aprovecharon los stands ubicados para promover sus principales productos agrícolas.

Las entrevistas fueron semiestructuradas a partir de una pregunta detonadora y tres o cuatro preguntas secundarias (véase tabla 1).

El objetivo de la entrevista: realizar un diagnóstico del sector agrícola de Oaxaca, que permita definir las cadenas de valor existentes para impulsar las exportaciones verdes locales o impulsar la economía circular. Considerando como cadena de valor de acuerdo con la metodología de la CEPAL (2017), una amplia variedad de actividades requeridas para que un producto transite por varias etapas desde su concepción hasta sus consumidores, estas etapas son: concepción, diseño, producción, tránsito de la mercancía, consumo y manejo; y reciclaje final (pág.16).

Tabla 1. Preguntas de la entrevista semiestructuradas

Pregunta Principal:	¿Su producto es parte de una cadena productiva de la localidad o es un producto totalmente independiente?
Pregunta secundaria:	¿En el proceso de producción que usted realiza, considera que se ha implementado una técnica novedosa a la que le pueda llamar innovación?
Pregunta secundaria:	¿Cuál es el nivel de exportación asociado a la cadena? ¿Qué vínculos existen con otros productores, mercado o empresas que impulsen las exportaciones?
Pregunta secundaria:	¿Cuál es el empleo generado en los sectores primario y secundario asociados a la cadena? ¿Identifican en su producción la economía circular?

Fuente: Elaboración propia

12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Los productores nos contestaron desde su stand y su participación fue amable de cooperación voluntaria, nos acercamos y preguntamos si podíamos realizarle una entrevista. Todos aceptaron sin problema.

Las entrevistas duraron de 15 a 20 minutos se realizaron en dos días (véase imágenes 1, 2, 3 y 4) el día 17 de julio 2023 fue en la feria gastronómica y el día 18 de julio en los locales ubicados en el centro de Oaxaca.

El grupo que participó en las entrevistas son estudiantes de la maestría en ciencia en estudios interdisciplinarios para las pequeñas y medianas empresas adscritos al proyecto de investigación SIP 20230322.



Imagen 1. Fuente: Tomada en la Guelaguetza 2023

**12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**



Imagen 2. Fuente: Tomada en la Guelaguetza 2023



Imagen 3. Fuente: Tomada en la Guelaguetza 2023

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México



Imagen 4. Fuente: Tomada en la Guelaguetza 2023

Resultados

Los resultados preliminares de las entrevistas son todos son productores directos en sus tierras, existen vínculos con otros productores para procesar algunos productos agrícolas como frutas para mermeladas o jugos.

No implementan técnicas novedosas, es un proceso tradicional, no exportan y sus principales ventas son dentro del estado y hacia la CDMX.

Un hallazgo es que no identifican el concepto de economía circular, pero si implementan el reutilizar, reciclar o aprovechar la tierra con doble fin como sembrar plátano macho y a su vez maíz.

Principales resultados del diagnóstico. El diagnóstico del Estado señala la importancia del sector agrícola para la economía estatal, ya que enfatiza la amplia diversidad que se presenta en la entidad, lo que genera un espectro amplio de opciones productivas. Este sector juega un papel estratégico en términos de su multifuncionalidad, referida ésta a la retención de la población en el campo, la conservación de los recursos naturales, su contribución a la estabilidad social y al abasto de materias primas y alimentos. El 41% de la Población Económicamente Activa estatal se ubica en el sector y genera solamente el 10.2% del Producto Interno Bruto estatal, lo que es un indicador de la baja productividad de la mano de obra.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

El sector agropecuario cuenta aproximadamente con 1.2 millones de hectáreas susceptibles de explotación agrícola y ganadera, que representan solo el 11.7% del territorio estatal (estimado en 95, 364 kilómetros cuadrados); se cultivan normalmente 985,000 ha por año. Tal sector se caracteriza por pequeños productores minifundistas en su mayor parte. La población rural es de 1, 907, 000 habitantes lo que constituye el 55.5% de la total del estado, es decir, de 3, 438, 765 los cuales se distribuyen en 10, 360 comunidades con menos de 2, 500 habitantes (PED, 2016-2022).

Kaplinsky (2000), argumenta que cada eslabón está compuesto de un conjunto de empresas y productores, que pueden competir o cooperar en la provisión del bien o servicio. La relación entre dichos actores es clave, para un buen funcionamiento del todo. El análisis de la homogeneidad o heterogeneidad existente dentro de cada eslabón es clave para la generación de políticas públicas específicas. No todos los eslabones, ni los actores dentro de un mismo eslabón, tienen la misma oportunidad de apropiarse del valor generado por el conjunto de la cadena.

La mayoría de los entrevistados dijo ser productor independiente, es decir, que no forma parte de una cadena de valor, sin embargo, cuando se preguntaba sobre el mercado, proveedores y empleo, resulta que son parte de una cadena de valor.

Es importante señalar que los productores no están familiarizados con conceptos académicos tales como: cadena de valor, innovación, economía circular, las entrevistas sirvieron para explicarles que queríamos saber y ellos entonces podía explicar cómo realizan su producción, distribución y consumo.

Un factor que es importante señalar, es que los productores Oaxaqueños, fueron amables por estar en una feria donde el objetivo es vender, dar a conocer sus productos y realizar vínculos con otros agentes económicos.

De no realizarse estas entrevistas en la feria de la Guelaguetza, otro camino hubiera sido ir a las comunidades de donde son originarios, pero en algunas ocasiones se requiere de un contacto para tener acceso a la comunidad.

De acuerdo con la CEPAL (2017), el fortalecimiento de las cadenas de valor mediante una metodología permite el desarrollo económico local de una región, se pudo constatar en Oaxaca la participación del Estado, el mercado y la sociedad, de acuerdo con los entrevistados, señalaron que contar con un espacio en la Guelaguetza, para dar a conocer sus productos permite la venta de los mismos, pues todos venían de sus comunidades, dijeron que todos en la comunidad se dedican a la producción de un solo producto como el nixuatle, el téjate, el maíz y frutos, no todos tienen vínculos con empresas pues ellos ofrecen sus productos directamente y realizan pedidos a la CDMX con la ayuda de las plataformas digitales.

La metodología que plantea la CEPAL se centra en la resolución de cuellos de botella o restricciones presentes en la cadena de valor, también argumenta que la dimensión

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

tecnológica es un elemento central en el diseño de una política de transformación productiva, ya que el cambio tecnológico basado en la innovación es la condición necesaria para la transformación efectiva, de acuerdo con los entrevistados, su proceso de producción es empírico, el conocimiento que tienen sobre la tierra de temporal les ha permitido aprovecharla para sembrar dos productos simultáneamente por el tiempo que tarda uno de ellos en darse. Lo más importante es el intercambio para la generación de riqueza, es por ello que los productores agrícolas oaxaqueños aprovechan los productos que se generan primero para venderlos o procesarlos en lo que se da el otro producto agrícola y tener ingresos todo el año.

En las entrevistas del día 18 de julio se realizaron en los locales ubicados en el centro de Oaxaca, en esos locales se pudo observar que existen acuerdos con otros productores para ofrecer sus productos en el mismo local (véase imágenes 5, 6 y 7).



Imagen 5. Fuente: fotografía tomada en tiendas en el centro de Oaxaca.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**



Imagen 6. Fuente: fotografía tomada en la tienda en el centro de Oaxaca.



Imagen 7. Fuente: fotografía tomada en una tienda en el centro de Oaxaca.

De acuerdo con Padilla y Oddone (2016), en el manual para el fortalecimiento de las cadenas de valor se requiere, como primer paso la definición de metaobjetivos, los cuales deben estar alineados con el Plan Estatal de Desarrollo con la finalidad de aumentar el empleo, los salarios, las exportaciones, incrementar la producción nacional.

De acuerdo con los entrevistados solo dos de ellos están buscando caminos para exportar, aunque dicen que el camino ha sido a través de conocidos que se encuentran en otros países

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

y que hacen llegar sus productos, esto debido a que les hace falta su sello de garantía y distinción de origen. Se pudo observar que la mayoría de los productos utilizan etiquetas hechas a mano, no cuentan con los estándares que deben cubrir las etiquetas (véase imagen 7).

De acuerdo con el manual para el fortalecimiento de las cadenas de valor, el segundo paso, es la selección de cadenas, los criterios de selección deben ser congruentes con los metaobjetivos, el potencial de la cadena debe estar enfocada a disminuir la pobreza, al crecimiento regional, a la generación de empleo, a la incorporación de tecnología y a la inserción de Mipymes. De acuerdo con las entrevistas, todos coincidieron en la generación de empleo, empezando porque todos en la comunidad se dedican a la misma producción, lo que permite un crecimiento regional.

Todo lo anterior, ha permitido realizar el tercer paso que es el diagnóstico de la cadena de valor en el estado de Oaxaca definiendo a detalle las oportunidades y limitaciones que enfrentan los productores.

Conclusiones

Se concluye en esta primera etapa de análisis que se alcanzó el objetivo de obtener como resultado un escenario del contexto del sector agrícola de Oaxaca y a partir de ahí plantear un diagnóstico que permitirá en una segunda plantear una política pública que impulsen las exportaciones verdes a través de las cadenas de valor. Los productores oaxaqueños entrevistados a un no exportan y es necesario plantear caminos para que suceda.

Una línea futura de investigación es analizar a profundidad la metodología para las exportaciones verdes planteada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a través de su convocatoria Giro Verde.

Referencias bibliográficas

- INEGI (1991). La agricultura en Oaxaca, VII Censo Agropecuario
- INEGI (1996). La agricultura en Oaxaca
- PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2016-2022
- CEPAL, (2017), Fortalecimiento de las cadenas de valor rurales, editores Oddone Nahuel & Padilla Pérez.
- R. Padilla Pérez y N. Oddone. (2016). Manual para el fortalecimiento de cadenas de Valor/L.1218), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe EPAL), 2016.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Estimación de un modelo de demanda de refrescos en México, 1992 y 2022

Víctor Manuel Gerónimo Antonio¹⁵

Resumen

La ingesta de bebidas azucaradas se ha relacionado con algunos problemas de salud en México, tales como la obesidad y diabetes. Por ello, el objetivo de esta investigación es analizar el consumo de refrescos en México, por estratos de ingreso, así como identificar de qué forma el precio, el ingreso y los factores sociodemográficos inciden en el consumo de estas bebidas para los años 1992 y 2022. A través de los microdatos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), se estimaron estadísticos descriptivos y modelos econométricos. Los resultados descriptivos indican que el consumo de refrescos se ha modificado entre los dos años analizados; por un lado, los estratos bajos mostraron una tendencia creciente en el consumo, mientras que los estratos altos redujeron dicho consumo. Las estimaciones econométricas muestran que las variables que inciden de manera negativa al consumo de estas bebidas son: la presencia del número de niños y de personas con 65 años y más dentro del hogar, el precio pagado y si habitan en zonas urbanas. Por otra parte, el consumo tiende a aumentar cuando aumenta el tamaño del hogar y el ingreso del hogar. La conclusión principal es que la demanda de refrescos es inelástica para los estratos de ingreso bajo, medio y alto, y que estas bebidas se catalogaron como bienes básicos.

Palabras clave: demanda, bebidas azucaradas, elasticidad precio, hogar.

Introducción

Los estudios sobre el consumo bebidas azucaradas pueden aportar información relevante en varios aspectos (Babu, Gajanan y Sanyal, 2014). Primero, permiten conocer el nivel de bienestar de una población a través de la identificación de los tipos y la cantidad de las bebidas que se consume. Segundo, el consumo de bebidas constituye una parte importante para la economía del país, ya que los hogares destinan una parte significativa de su gasto monetario total a las bebidas, por esta razón es necesario estudiar las características y asimetrías que prevalecen en la sociedad respecto a su gasto y consumo.

En los últimos años la comunidad científica ha mostrado un gran interés en investigar qué factores inciden en el consumo de bebidas azucaradas, debido a que se ha asociado con la presencia de enfermedades crónicas no transmisibles, como el cáncer, diabetes, obesidad, sobrepeso, entre otras. Al respecto, Islas, Reynoso, Hernández y Ruvalcaba (2020) señalan que en las últimas décadas se ha producido un cambio drástico en la forma en que la población mundial come y bebe, esto por el reemplazo del consumo de alimentos

¹⁵ Profesor Investigador del Departamento de Economía Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: vm.geronimo85@gmail.com

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

tradicionales por el de alimentos industrializados de alta densidad energética y de baja calidad nutricional.

Desde el punto de vista económico, los estudios han buscado explicar el consumo de bebidas a través de la influencia de variables sociodemográficas, como el sexo, edad, ingreso, escolaridad, tamaño de localidad, entre otros (Frehner *et al.*, 2021). En relación con el género, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2010) indica que una mujer es más obesa en comparación con un hombre. No obstante, un trabajo realizado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021) señala lo contrario, es decir, la prevalencia del sobrepeso y la obesidad en los hombres mayores de edad ha aumentado sustancialmente en los últimos años, específicamente para el 2016, 63.7% en los hombres y 61.0% en las mujeres.

Con respecto al ingreso y la educación, la obesidad es más común en gente con menores ingresos y de nivel educativo bajo. En varios países de la OCDE, las mujeres de baja educación tienen dos a tres veces más probabilidades de tener sobrepeso que las más educadas, por tanto, a mayor nivel educativo de los padres tiende a mejorar la alimentación de los hijos. De acuerdo con la OCDE (2019), en los países de ingresos altos, la obesidad tiende a concentrarse en los pobres, mientras que en los países de ingresos bajos y medianos la obesidad es más prevalente en la población próspera.

En relación con la edad, el consumo de bebidas azucaradas comienza desde los primeros meses de vida y tiende a incrementarse conforme las personas van creciendo, a pesar de que el consumo en exceso de bebidas endulzantes daña a la salud (INSP, 2020). En una investigación realizada para la Ciudad de México, Théodore *et al.* (2011) observaron que los niños a la hora del almuerzo y la cena lo asocian con el consumo de algún tipo de bebida dulce (refresco y/o aguas de sabor), al igual que en el almuerzo (jugo industrializado, agua de sabor preparada con polvo químico y refrescos), así como en la cena que tienden a asociarla con refrescos.

En relación con la ubicación geográfica de la vivienda de las personas, se ha observado que en el medio rural existe una menor accesibilidad a los alimentos (Min, Hou, Hermann, Huang y Mu, 2019). Sin embargo, las bebidas azucaradas son las que muestran una mayor disponibilidad para su consumo en las zonas rurales, marginadas y pobres, esto ha conducido a cambios en los estilos y hábitos de consumo, así como a problemas de salud (Marín, Sánchez y Maza, 2014).

Con el fin de contribuir a la generación de más información sobre el tema y sugerir hacia dónde deberían de encaminarse las políticas públicas, es importante conocer el comportamiento del consumo de bebidas azucaradas en los hogares, y qué variables influyen en dicho consumo. Específicamente, esta investigación tiene como objetivo analizar el consumo de refrescos de cola y de sabores en México, por estrato estratos de ingreso, así como identificar de qué forma el precio, el ingreso y los factores sociodemográficos inciden en el consumo de estas bebidas para los años 1992 y 2022. La hipótesis central del trabajo es que existe una tendencia creciente en el consumo de refrescos en los hogares mexicanos a lo

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

largo del tiempo. Aunque hay un consumo diferenciado dependiendo del estrato de ingreso al que pertenezcan los hogares, se asume que aquellos que tienen ingresos más bajos el consumo de refrescos es mayor en comparación con los que perciben ingresos más altos.

Para el análisis se usaron los microdatos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH). De esta manera, con apoyo de estadísticos descriptivos, se realizó un análisis estático comparativo del consumo de refrescos de cola y de sabores, por estratos de ingreso, es decir, se comparó el consumo entre un año y otro, sin tomar en cuenta el cambio y ajuste de los periodos intermedios. Asimismo, a través de la estimación de modelos econométricos por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), se identificó de qué forma las características sociodemográficas, el precio y el ingreso inciden en la ingesta de dichas bebidas.

Este trabajo está estructurado en tres secciones. En la primera se describen los datos y la metodología utilizada. Después, en la segunda sección se presenta un análisis descriptivo sobre el consumo y el gasto en refrescos, por estratos de ingreso, así como los resultados del modelo econométrico. Finalmente, se presentan las conclusiones.

Materiales y métodos

Unidad de análisis y datos

Para esta investigación se consideró como unidad de análisis al hogar. Para ello se usaron los microdatos de la ENIGH para los años de 1992 y 2022, y es generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023). Los años seleccionados se consideraron con base a la primera y última base de datos disponible, mismas que son comparables. Se trabajó con dos tabulados: 1) Concentradohogar, provee un resumen del ingreso y las principales características sociodemográficas de los integrantes del hogar; 2) Gastoshogar, proporciona los gastos monetarios y no monetarios del hogar, así como el consumo en alimentos y bebidas del hogar.

El tabulado Gastoshogar contiene la variable denominada *clave*, que registra el gasto y consumo de todos los bienes y servicios reportados por los hogares. De esta manera, de la variable *gasto_tri* se estimó el gasto promedio mensual en refrescos de cola y de sabores. Asimismo, a partir de la variable *cantidad*, se calculó el consumo medio (litros) semanal en refrescos. Igualmente, del ingreso del hogar se construyeron deciles, y siguiendo la propuesta de Retes, Torres y Garrido (2014), se dividieron a los hogares en tres estratos de ingreso: bajo (deciles I-IV), medio (deciles V-IX) y alto (decil X). Finalmente, para estimar el precio que el hogar pagó por los refrescos, se usó la metodología de Fuentes y Zamudio (2014), que consiste en dividir el gasto entre la cantidad demandada, de modo que la información sobre compras y precios pagados se obtuvieron de los hogares que realmente presentaron un gasto positivo en refrescos en la ENIGH. En este sentido, los hogares que reportaron un gasto nulo no fueron considerados en la estimación, ya que para ellos no se observaron precios.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Las bases de datos construidas son de corte transversal. Por tanto, se realizó un análisis de estática comparativa, entre 1992 y 2022, tanto del gasto y consumo medios de refrescos por estratos de ingreso. La base de datos se trabajó con el apoyo del software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

Especificación del modelo econométrico

Para identificar si el precio, el ingreso y los factores sociodemográficos han incidido en el consumo de refrescos de cola y de sabores, se estimaron modelos econométricos para cada uno de los estratos de ingreso, por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). De esta manera, los modelos se expresaron de la siguiente forma (1):

$$\ln(\text{Consumo_refresco}) = \beta_0 + \beta_1(\text{Tam_hogar}) + \beta_2(\text{P65mas}) + \beta_3(\text{Menores_12a}) + \beta_4(\text{urbano}) + \beta_5 \ln(\text{Ing_hogar}) + \beta_6 \ln(\text{Precio_refresco}) + \varepsilon_i \quad (1)$$

Donde:

- $\ln(\text{Consumo_refresco})$: es el logaritmo natural de la cantidad demandada por el hogar “i”.
- Tam_hogar : número de integrantes del hogar.
- P65mas : número de personas mayores de 65 años en el hogar.
- Menores_12a : número de niños menores de 12 años en el hogar.
- Urbano : define el tamaño de la localidad donde se ubica el hogar (localidad urbana cuando tiene igual o más de 15,000 habitantes=1, localidad rural cuando tiene menos de 15,000 habitantes= 0).
- $\ln(\text{Ing_hogar})$: representa el logaritmo natural del ingreso corriente total del hogar.
- $\ln(\text{Precio_refresco})$: es el logaritmo natural del precio pagado en refrescos por el hogar “i”.
- $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$: coeficientes estimados del modelo.
- ε_i : término de error.

Cabe mencionar que los coeficientes β asociados al precio y al ingreso, corresponden a la elasticidad precio y a la elasticidad ingreso de la demanda, respectivamente. El análisis estadístico de los coeficientes estimados se llevó a cabo a partir de sus desviaciones estándar y los estadísticos t , mientras que la significancia conjunta de los coeficientes se realizó con

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

el estadístico F , así como la bondad de ajuste de los modelos a través de R^2 . Igualmente, se descartaron problemas de multicolinealidad y heteroscedasticidad.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestran algunas características de los hogares por estratos de ingreso. Se observa que a medida que un hogar se ubica en un estrato de ingreso más alto, tiende a ubicarse en las localidades urbanas. Con respecto a la edad del jefe de hogar, en promedio, fue 8 años mayor en el 2022 comparado con el dato de 1992. Asimismo, se identificaron avances notables en la escolaridad para los tres estratos de ingreso, ya que, para el último año de análisis, un porcentaje más alto de jefes de hogar contaba con estudios de preparatoria o profesional.

Cuadro 1. Características de los hogares que consumen refrescos de cola y de sabores, por estratos de ingreso, 1992 y 2022.

Característica	1992			2022		
	Estrato bajo	Ingreso medio	Ingreso alto	Estrato bajo	Ingreso medio	Ingreso alto
Porcentaje de hogares urbanos	63.30	88.80	97.70	48.10	71.50	84.20
Edad promedio del jefe de hogar (años)	40.58	41.16	43.89	49.89	49.65	52.44
Porcentaje de hogares con jefe con educación media y superior	2.30	14.70	51.40	16.90	35.30	62.70
Tamaño del hogar (promedio de personas)	4.16	4.80	5.03	2.98	3.84	4.13
Menores de 12 años en el hogar (promedio de personas)	1.56	1.40	1.22	0.66	0.69	0.57
Mayores de 65 años en el hogar (promedio de personas)	0.21	0.16	0.15	0.3	0.27	0.35
Ingreso corriente promedio mensual (pesos de 2022)	7,061.48	20,459.36	76,304.11	8,456.20	21,940.67	61,174.38

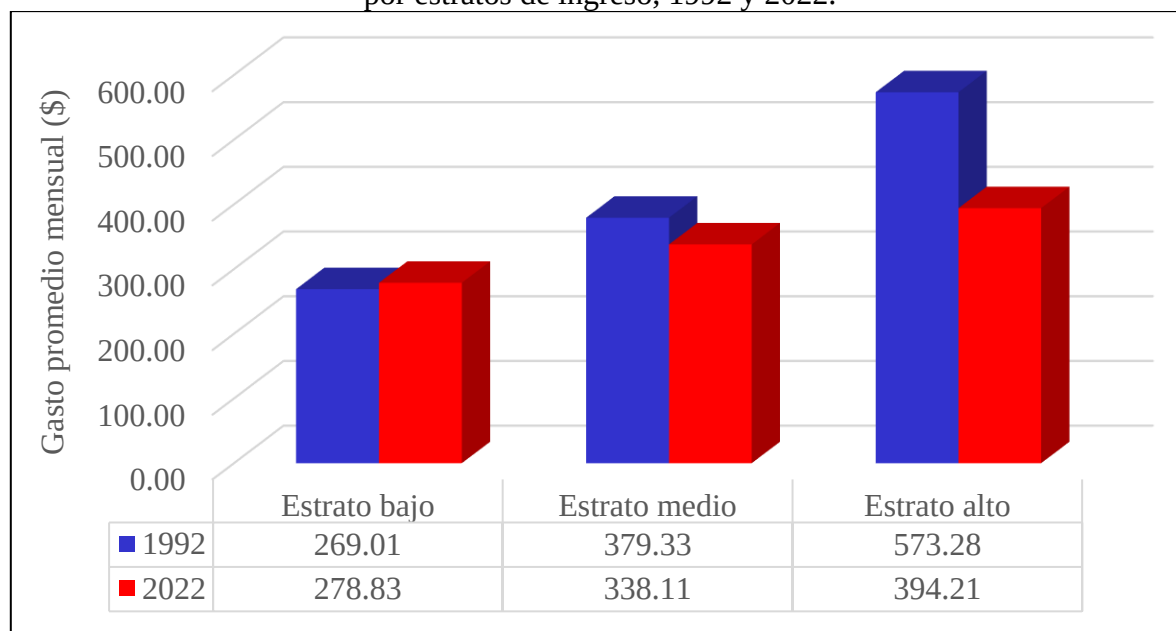
Fuente: elaboración propia con datos de la ENIGH, 1992 y 2022.

En relación con la composición del hogar, se observó un aumento en la presencia de personas mayores a 65 años; mientras que cada vez hay un menor número de niños en el hogar, al ubicarse en 0.64 miembros en promedio en el 2022. Asimismo, se identificó que el número promedio de integrantes de un hogar se redujo entre un año y otro, tanto en el estrato bajo como en el alto. Finalmente, se encontró que, en términos reales, el ingreso medio mensual de los estratos bajo y medio aumentó entre 1992 y 2022; en cambio, el estrato alto registró una pérdida de su poder adquisitivo (cuadro 1).

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Por otro lado, en la figura 1 se muestra el gasto promedio mensual en refrescos de cola y de sabores, por estratos de ingreso. Para los dos años analizados, se identificó que el gasto incrementa a medida que un hogar se ubica en un estrato mayor. Asimismo, se observa que, en los estratos medio y alto, el gasto medio ha disminuido entre 1992 y 2022, en especial en el estrato alto, ya que disminuyó su gasto en 31.24%; en cambio, el estrato bajo aumentó su gasto en 3.65%. Esto podría sugerir que, probablemente, los hogares ubicados en los estratos de mayor ingreso actúan de manera más consciente al momento de realizar un gasto, particularmente en estas bebidas.

Figura 1. Gasto promedio mensual (a precios de 2022) en refrescos de cola y de sabores, por estratos de ingreso, 1992 y 2022.



Fuente: elaboración propia con datos de la ENIGH, 1992 y 2022

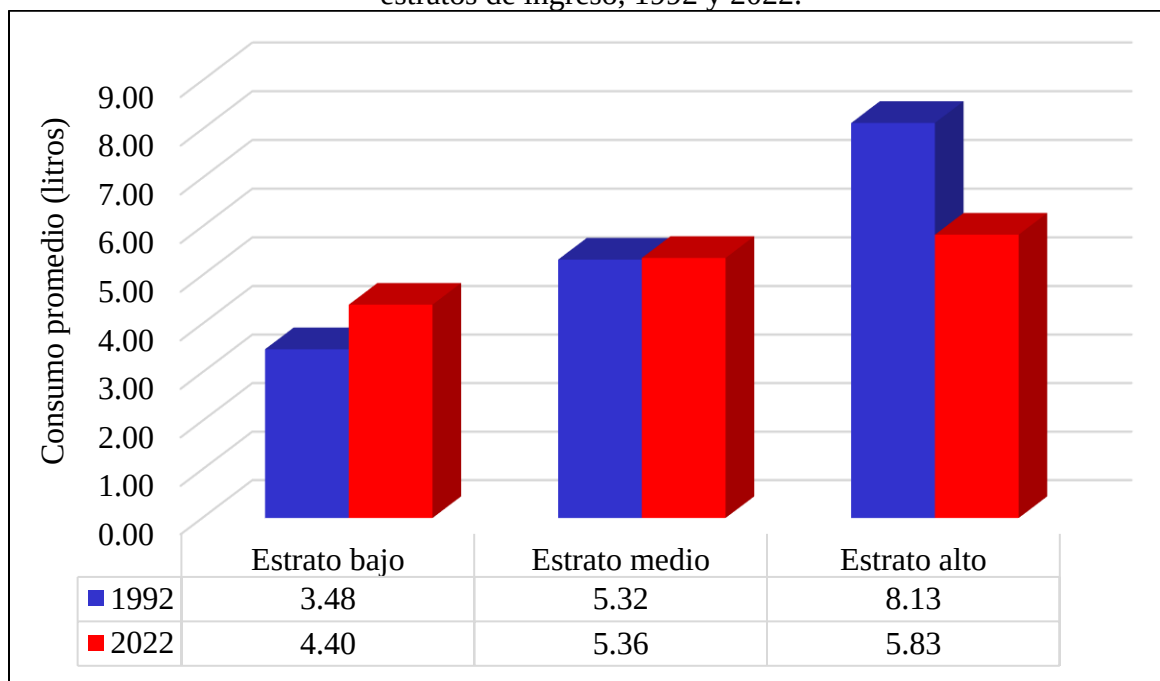
Asimismo, en la figura 2 se muestran datos del consumo promedio semanal de refresco por estratos de ingreso para los años 1992 y 2022. De manera similar a lo observado en el gasto, se identificó que el consumo aumenta a medida que un hogar se ubica en un estrato más alto; por ejemplo, el consumo promedio en el estrato bajo fue de 3.48 litros, mientras que para el estrato alto fue de 8.13 litros en 1992. El mismo comportamiento se observó para el año 2022, pues el estrato bajo consumió en promedio 4.40 litros, en tanto, que el estrato alto, 5.83 litros semanales, aunque se muestra una menor diferencia en el consumo de los tres estratos.

Al realizar un análisis de estática comparativa en el consumo medio de refrescos de cada uno de los estratos, se observa que el estrato de bajo ingreso fue el único que aumentó su consumo, al pasar de 3.48 litros a 4.40 litros, entre 1992 y 2022. Por otro lado, el estrato medio ha mantenido su consumo en 5.3 litros por semana; mientras que el estrato alto redujo su consumo en 28.22% (figura 2). A partir de esto, es posible señalar que los estratos de ingreso bajo consumen una cantidad menor de refrescos en comparación con los estratos de ingreso alto, aunque son estos últimos los que han reducido su consumo. Este resultado

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

podría deberse a que, en los estratos de alto ingreso, existe un mayor número de personas con educación profesional, esto conduce a suponer que tengan mayor conocimiento sobre los efectos negativos del consumo de bebidas azucaradas y, por tanto, conlleve a evitar el consumo de estas bebidas.

Figura 2. Consumo promedio semanal (litros) de refrescos de cola y de sabores, por estratos de ingreso, 1992 y 2022.



Fuente: elaboración propia con datos de la ENIGH, 1992 y 2022

Con respecto al análisis econométrico, en el cuadro 2 se muestran los coeficientes de regresión de los modelos estimados, por estratos de ingreso, para los años 1992 y 2022. Los resultados corresponden a los modelos que presentaron la mejor calidad de ajuste según los criterios de Akaike y Schwarz. Asimismo, se identificó que los factores de inflación de varianza (VIF), son menores a diez, por tanto, se descartaron problemas de multicolinealidad en los modelos elegidos.

Con base en los modelos seleccionados, todas las variables resultaron estadísticamente significativas al 95% y 99% para los dos años analizados, a excepción de las variables personas mayores a 65 años y urbano, que no mostraron significancia estadística para el estrato alto en el año 1992 (cuadro 2). De acuerdo con los coeficientes, las variables que influyen de manera positiva sobre el consumo de refrescos de cola y de sabores son: cuando incrementa el tamaño del hogar y ante aumentos del ingreso. Por otro lado, tiende a reducir el consumo de refrescos ante aumentos en el número de adultos mayores y niños en el hogar, y si el hogar reside en una zona urbana, así como ante los incrementos en el precio pagado en refrescos por los hogares.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Se observa para todos los estratos de ingreso, que un aumento en el presupuesto del hogar incrementa el consumo de refrescos de cola y de sabores, aunque en diferente intensidad. Según los valores de la elasticidad ingreso de la demanda para el año 1992, el refresco se clasificó como un producto de primera necesidad para los tres estratos de ingreso, registrándose elasticidades ligeramente mayores para los estratos de bajo ingreso; por ejemplo, un hogar ubicado en el estrato bajo aumentó su consumo en 0.29% cuando su ingreso incrementó en 1%, mientras que un hogar del estrato alto aumentó su consumo en 0.22%. Sin embargo, para el año 2022, las elasticidades ingreso se redujeron para los tres estratos, con una tendencia a cero, incluso el estrato alto registró una elasticidad negativa, esto indica que el refresco se catalogó como un bien inferior, probablemente porque tiende a sustituirlo por otro tipo de bebidas como agua preparada y jugos naturales.

Cuadro 2. Coeficientes de regresión del modelo de la demanda de refrescos, por estratos de ingreso, 1992 y 2022.

Variables independientes	1992			2022		
	Ingreso bajo	Ingreso medio	Ingreso alto	Ingreso bajo	Ingreso medio	Ingreso alto
Intercepto	3.6709*** (1.1508)	1.8578** (0.9052)	3.4681** (1.7525)	3.0000*** (0.1338)	2.4563*** (0.1628)	3.7383*** (0.3204)
Tamaño del hogar	0.0842*** (0.0165)	0.0793*** (0.0101)	0.1011*** (0.0187)	0.0868*** (0.0048)	0.0847*** (0.0033)	0.1159*** (0.0066)
Mayores de 65 años	-0.1203** (0.0467)	-0.0817** (0.0390)	-0.0137 (0.0964)	-0.0526*** (0.0085)	-0.0454*** (0.0078)	-0.0318** (0.0156)
Menores de 12 años	-0.0661*** (0.0228)	-0.0428*** (0.0155)	-0.0963*** (0.0356)	-0.0452*** (0.0078)	-0.0336*** (0.0058)	-0.0571*** (0.0135)
Urbano	-0.0809* (0.0463)	0.0302 (0.0411)	-0.0976 (0.1457)	-0.0382*** (0.0108)	-0.0295*** (0.0087)	-0.0468** (0.0225)
Ingreso del hogar	0.2947*** (0.0561)	0.2713*** (0.0473)	0.2245** (0.0904)	0.0826*** (0.0125)	0.1159*** (0.0146)	-0.0110 (0.0257)
Precio de refresco	-0.9702*** (0.0965)	-0.7903*** (0.0725)	-0.6907*** (0.1188)	-1.0018*** (0.0167)	-0.9270*** (0.0148)	-0.8934*** (0.0334)
Muestra (hogares)	1,657	2,942	595	21,745	31,895	6,086
R²	0.1125	0.0751	0.1371	0.2056	0.1644	0.1845
Estadístico F (Valor-p)	35.8442 (0.0001)	39.7328 (0.0001)	15.5691 (0.0001)	938.1653 (0.0001)	1046.1580 (0.0001)	229.2632 (0.0001)

Nota: Error estándar en paréntesis. Los coeficientes son estadísticamente significativos al *90%, **95% y ***99%.

Fuente: elaboración propia con datos de la ENIGH, 1992 y 2022.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Por otro lado, la elasticidad precio de la demanda de refrescos es congruente con la teoría económica, pues por cada incremento porcentual en el precio de estas bebidas, el consumo tiende a reducir. Estos resultados ponen de manifiesto que el refresco tiene una demanda inelástica, es decir, la cantidad demanda varía en una proporción menor que el del precio. Según los valores absolutos de la elasticidad, son mayores para el estrato de hogares de bajos ingresos, pues este estrato a diferencia del segundo y tercero se ven mayormente afectados en el consumo ante los incrementos en el precio de los refrescos. Por ejemplo, para el año 1992, si el precio aumentaba en un 10%, *ceteris paribus*, la cantidad demanda de refrescos para el estrato bajo disminuía en 9.7%, en 7.9% para el estrato medio y 6.9% para el caso de los de más alto ingreso. A diferencia de la elasticidad ingreso, para el 2022, la elasticidad precio aumentó ligeramente, incluso el estrato de ingreso bajo mostró una elasticidad unitaria. La reducción de la elasticidad podría ser el reflejo del aumento de una mayor variedad de bebidas azucaradas que pueden sustituir el refresco y que pueden tener un menor precio, tal es el caso de los concentrados y polvos para preparar bebidas.

Conclusiones

Se identificó que a medida que un hogar se va ubicando en un estrato de ingreso más alto, el consumo promedio de refrescos de cola y de sabores se va incrementando. Asimismo, se registraron dos cambios importantes en el consumo, por un lado, una disminución en la ingesta de estas bebidas; y por otro lado, el consumo más alto prevalece en el estrato alto, aunque fue este estrato el que redujo en una mayor cantidad su consumo promedio semanal, al pasar de 8.13 litros en 1992 a 5.83 litros en 2022.

De acuerdo con las estimaciones econométricas, se mostró que, ante un aumento en el ingreso del hogar, se incrementó de forma estadísticamente significativa el consumo de refrescos para los tres estratos de ingreso. Según las elasticidades ingreso de la demanda, los refrescos se comportaron como bienes básicos ($0 < e_i < 1$), a excepción del estrato alto, que en el 2022 catalogó a estas bebidas como un bien inferior.

Por último, se identificó que la elasticidad precio de la demanda de refrescos es inelástica para los estratos bajos, medios y altos. Por tanto, la cantidad demandada de refrescos es poco sensible ante los cambios del precio, de modo que estas bebidas son consideradas como bienes de primera necesidad, aunque para el 2022 las elasticidades son ligeramente mayores a las registradas en 1992.

Referencias bibliográficas

Babu, S. C., Gajanan, S.N. y Sanyal, P. (2014). Chapter 5. Changes in Food Consumption Patterns: Its Importance to Food Security-Application of One-Way ANOVA. En S.C. Babu, S.N. Gajanan y P. Sanyal (Eds), *Food Security, Poverty and Nutrition Policy Analysis* (pp. 117-138). San Diego, USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405864-4.00005-3>.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

- Frehner, A., Van Zanten, H.H.E., Schader, C., De Boer, I.J.M., Pestoni, G., Rohrmann, S. y Muller, A. (2021). How food choices link sociodemographic and lifestyle factors with sustainability impacts. *Journal of Cleaner Production*, 300, 126896. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126896>
- Fuentes, H. J. y Zamudio, A. (2014). Estimación y análisis de la elasticidad precio de la demanda para diferentes tipos de bebidas en México. *Estudios Económicos*, 29(2), 301-316.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2023). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). México: INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/#Microdatos>
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP, 2020). La carga de enfermedades y muertes atribuidas al consumo de bebidas azucaradas en México. *Nutrición y enfermedades crónicas*. Recuperado de <https://www.insp.mx/epppo/blog/consumo-bebidas-azucaradas.html>
- Islas, I., Reynoso, J., Hernández, M.C. y Ruvalcaba, J. C. (2020). La alimentación en México y la influencia de la publicidad ante la debilidad en el diseño de políticas públicas. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(8), 853-862. <https://dx.doi.org/10.19230/jonnpr.3259>
- Marín, A., Sánchez, G., y Maza, L. (2014). Prevalencia de obesidad y hábitos alimentarios desde el enfoque de género: el caso de Dzutóh, Yucatán, México. *Estudios sociales*, 22 (44), 65-86.
- Min, S., Hou, L., Hermann, W., Huang, J. y Mu, Y. (2019). The impact of migration on the food consumption and nutrition of left-behind family members: Evidence from a minority mountainous region of southwestern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(8): 1780-1792. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62588-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62588-8)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2010). *Obesity and the Economics of Prevention: Fit not Fat*. OECD Publishing, Paris. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/9789264084865-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2019). The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention. *OECD Health Policy Studies*, OECD Publishing, Paris. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/67450d67-en>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021). Plan de acción para la prevención de la obesidad en la niñez y la adolescencia. *Washington, D.C., USA*.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

Retes, R. F., Torres, G. y Garrido, S. (2014). Un modelo econométrico de la demanda de tortilla de maíz en México, 1996-2008. *Estudios sociales*, 22(43), 37-59.

Théodore, F., Bonvecchio, A., Blanco, I., Irizarry, L., Nava, A., y Carriedo, A. (2011). Significados culturalmente contruidos para el consumo de bebidas azucaradas entre escolares de la Ciudad de México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 30(4), 327-334.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

Diseño y calibración de un dispositivo para recomendación del riego con los sensores 10HS y 5TE

Abel Quevedo Nolasco¹⁶, Graciano Javier Aguado Rodríguez²

Resumen

Se elaboró un dispositivo basado en la tarjeta Arduino Mega 2560® para determinar la humedad de suelo franco y arenoso utilizando los sensores de humedad 10HS® y 5TE. El dispositivo tiene un menú de acceso para que el usuario pudiera utilizar los sensores en campo con un teclado y se agregaron opciones para consultar la cantidad de agua que se requiere regar para obtener la humedad a capacidad de campo. Para calibrar el sensor se obtuvieron las curvas de calibración específicas en dos tamaños de recipiente. El primer recipiente midió 13X20 cm y el segundo 28.5X35.5 cm. En sustrato arenoso los sensores pueden medir con buena precisión por debajo del nivel de saturación y se encontró que la ecuación de calibración específica tuvo un valor de $R^2 > 0.99$ y precisión (RMSE) de $0.0074 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para el sensor 10HS y de $0.0132 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para el sensor 5TE. Además, al ser un dispositivo portátil de medición, en general, promediando dos mediciones de humedad en el suelo, se puede llegar a obtener un error de hasta $0.01 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$.

Palabras clave: humedad de suelo, contenido volumétrico de agua, tamaño de muestra.

Introducción

El desarrollo en ciencia y tecnología en esta era es un importante factor y no puede ser separado del intento de mejorar el bienestar de la comunidad. Se ha probado por su incremento en la demanda, la necesidad de herramientas que trabajen automáticamente, eficientemente y con mínima energía (Oktariawan, 2013). Una de estas herramientas es el microcontrolador Arduino Mega 2560®, el cual es ampliamente utilizado para desarrollar diversos prototipos automatizados y ha sido útil al ser utilizado para proyectos agrícolas (Mahmood, 2014; Rahardjo, 2022; Bitella *et al.*, 2014; Al-Hadithi *et al.*, 2016). Adicionalmente es necesario mencionar que en la actualidad, es de vital importancia cuidar y conservar todas las fuentes naturales de agua, tanto la que nos sirve para beber como la que cubre la mayor parte de nuestro planeta (Olmos, 2003). Los principales sectores consumidores del recurso agua en el 2008 fueron: agrícola (75%), industrial (25%) y, doméstico comercial y otros usos urbanos municipales (10%) de acuerdo con Aguilera-Morales (2012). Del total del volumen concesionado para usos agrupados consuntivos, al 2018 el 75.7% le correspondía al agrícola (CONAGUA, 2023). Esta cifra es un poco inquietante debido a que existe tecnología para mejorar el riego, como el goteo cuya

¹⁶ ^aColegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, Km. 36.5 C.P. 56230, Montecillo, México, Teléfono: 5558045900. (anolasco@colpos.mx). ²Investigador de Cátedras-CONACYT comisionado al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, Km. 36.5 C.P. 56230, Montecillo, México, Teléfono: 5558045900. (gaguadero@conacyt.mx).
Corresponding author: gaguadero@conacyt.mx

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

eficiencia es de 90-95% o aspersión 70-85%, comparada con el método tradicional de riego por tendido de 20-30% o surcos 30-60% (Valenzuela, 1997). Para mejorar esta cifra, se han realizado estudios específicamente sobre el riego utilizando sensores de humedad de suelo, al agregar únicamente agua cuando sea necesario (Mayhua-López *et al.*, 2015; Maya *et al.*, 2017; Chávez *et al.*, 2010; Flores *et al.*, 2010). No obstante, manejar un dispositivo tan complejo podría requerir personal especializado. Debido a lo anterior, en este estudio se propuso elaborar un dispositivo capaz de detectar los niveles de humedad en suelo para que pueda ser utilizado por un productor y que recomiende las necesidades de riego dependiendo del tamaño de maceta y de esta manera ayudar en el aprovechamiento del agua.

Materiales y métodos

El proyecto se realizó en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas Campus Montecillo con coordenadas geográficas UTM 510130.228E 2151774.214N 14Q. El proyecto se dividió en dos etapas: elaboración del dispositivo y calibración de los sensores.

Elaboración del dispositivo. Para elaborar el dispositivo se utilizó un Arduino Mega 2560 como tarjeta de adquisición de datos, un módulo de reloj DS1302, un módulo para leer memoria micro SD, una memoria micro SD, un módulo SHIELD de LCD 16x02 con teclado de 6 teclas, un sensor analógico de humedad de suelo 10HS y un sensor digital 5TE. En la tarjeta se conectaron todos los módulos, que fueron alimentados con una batería de respaldo Steren Mov-1020® con batería interna de 3.7V (2500mA), y se elaboró un menú que funcione con seis teclas para tener el control del reloj, del módulo micro SD y de la pantalla, con el software Arduino Software IDE Versión 2.0.0®. También se utilizó una batería Duracell PB1® de 5V.

El menú resultante se muestra en la Figura 1, en donde se puede observar: una opción para cambiar fecha y hora desde el teclado del dispositivo; una opción para checar la humedad de suelo; una opción para graficarla con respecto al punto de marchitez permanente (PMP) y capacidad de campo (CC) y; una opción para conocer la cantidad de agua requerida para reestablecer nuevamente la humedad a capacidad de campo. Adicionalmente se programó una opción para poder ingresar modelos cúbicos desde el teclado (con precisión de hasta 7 decimales) y hasta cuatro modelos diferentes. Finalmente se propuso un menú para relacionar el sustrato (con sus datos de CC y PMP) con el modelo cúbico y que el usuario pueda elegir el sustrato que está midiendo y el sensor calcule la humedad de suelo con la ecuación adecuada. Cabe mencionar que el menú fue pensado para que únicamente el usuario lea el sensor y consulte la cantidad de agua que deba reestablecer, sin tener que configurar en la opción avanzada de los modelos.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

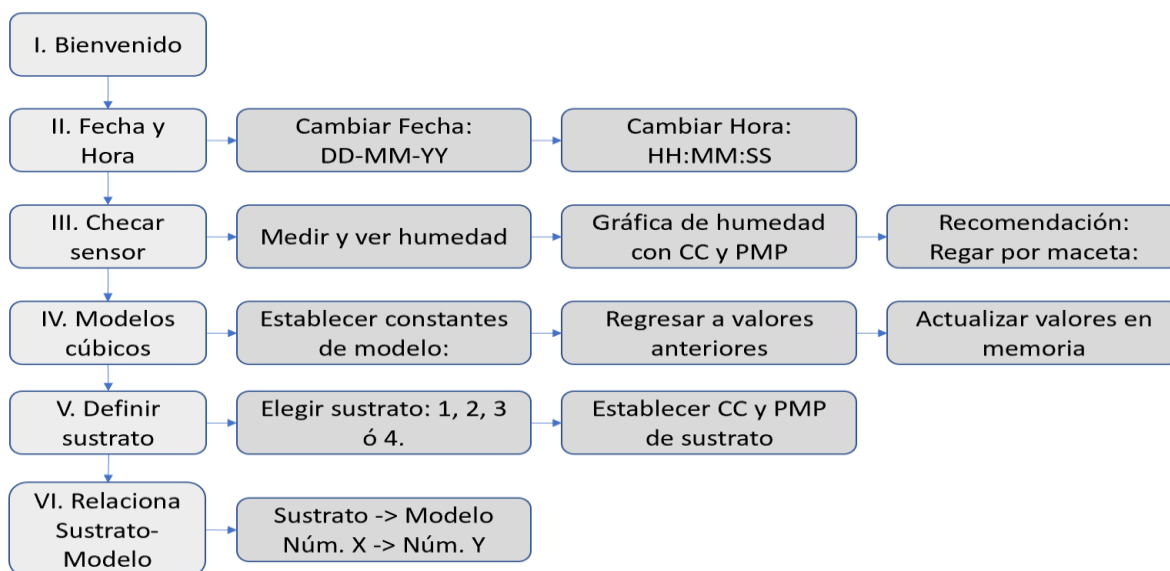


Figura 1. Menú del dispositivo desarrollado.

En la medición de humedad de suelo existen varios métodos como: la resistencia eléctrica; la tensión del suelo; medición de reflectancia en el dominio del tiempo; la capacitancia eléctrica; el método del tacto, el cual ha sido utilizado por muchos años por agricultores e investigadores, aunque toma un poco de tiempo y experiencia lograr la medición y; otro método es la sonda de neutrones, sin embargo, esta es bastante cara y se requiere una licencia para operarlas debido a que contienen material radioactivo (Martin, 2017). No obstante, por la facilidad y rapidez para obtener los datos, se optó en este estudio medir la humedad de suelo con el sensor 10HS® y el sensor 5TE® de la marca Meteor Group Inc. USA. Fueron utilizados estos sensores debido a que tienen una precisión de $\pm 0.02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ cuando se usa una ecuación de calibración específica tanto para el sensor 10HS (Meteor Group, 2019a) como para el 5TE (Meteor Group, 2019b). Vaz *et al.* (2013) encontraron en su estudio que las calibraciones específicas mostraron precisiones de alrededor de $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para los sensores 10HS, SM300 y ThetaProbe, mientras que encontraron precisiones más bajas de aproximadamente $0.025 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para TDR100, CS616, Wet2, 5TE y el sensor HydraProbe. Es importante indicar que, en la mayoría de suelos (franco, franco limoso, franco arcilloso y arcilloso), excepto arenoso y franco arenoso, se tiene una humedad aprovechable (diferencia entre CC y PMP), mayor de $0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Zotarelli *et al.*, 2013). Por lo tanto, con los sensores 5TE y 10HS se podría planear adecuadamente el riego en los suelos (franco, franco limoso, franco arcilloso y arcilloso), ya que la precisión de $\pm 0.02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ es adecuada al detectar el cambio con respecto a la humedad aprovechable ($0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). No obstante, con respecto a los suelos arenosos, Ferrarezi *et al.* (2020) encontraron que el sensor 5TE fue uno de los que presentaron los mejores ajustes al modelo y menor raíz cuadrada media del error (RMSE) al utilizarlo en este tipo de suelos y recomendaron una ecuación calibración específica del suelo para facilitar la programación del riego y manejo del agua en suelos arenosos de Florida.

Para leer el sensor 5TE, se envía un voltaje de excitación (5V) hacia el sensor, con la tarjeta Arduino Mega 2560 como se indica en el manual (Arduino, 2023), durante 1000 mS. Posteriormente se espera la respuesta del sensor durante 2000 mS y se lee el resultado con la

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

tarjeta de datos como una cadena de datos de caracteres ASCII a 1200 baudios (Meteor Group, 2019b). Por otro lado, para leer el sensor 10HS se utilizó un pin analógico de la tarjeta Arduino Mega 2560, el cual, tiene un rango de medición de 0 a 1023 adimensional, en donde hay una equivalencia de 0V a 5V respectivamente (Arduino, 2022).

Suelos utilizados. Se eligió un suelo con textura arenosa proveniente del municipio de Zacapoaxtla, Puebla, México, en las coordenadas 19°50'37.4"N 97°35'24.4"W. Adicionalmente se eligió un suelo franco obtenido en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo en las coordenadas 19°27'36.9"N 98°54'11.5"W. La textura de los suelos se determinó con el método del tacto de acuerdo a la propuesta de la USDA (2005). Los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se estimaron de acuerdo con la investigación de Zotarelli et al. (2013), en donde se indica que en suelos arenosos, el PMP promedio está alrededor de $0.05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ y la CC promedio tiene un valor aproximado de $0.1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Por otro lado, los suelos francos tienen una PMP promedio aproximada de $0.12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ y una CC promedio aproximada de $0.26 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Recipientes utilizados para la calibración. Debido a que el sensor 10HS tiene un área de influencia en la medición, se obtuvieron recipientes que cumplieran con cubrir completamente el espacio del sensor y el área de influencia de este. Se eligieron dos tamaños de recipiente para realizar la calibración. Esto es debido a que Cobos (2008a) indica que el volumen de sensibilidad del sensor 10HS es de 10 cm de diámetro y dos centímetros de suelo por debajo de las puntas del sensor, mientras que para el sensor 5TE el volumen de sensibilidad del sensor es de 2 cm de suelo alrededor de las puntas del sensor y 1 cm de suelo por debajo de las puntas del sensor (Cobos, 2008b). Por lo tanto, el primer recipiente utilizado cumple con el espacio que requiere cada sensor y fue un recipiente cilíndrico que tuvo un diámetro de 13 cm y 20 cm de altura.

El segundo recipiente fue elegido con base en la investigación de Spelman et al. (2013). En su investigación, Spelman et al. (2013), utilizaron un recipiente de 5 galones para realizar su investigación debido a que optaron por calibrar en un recipiente de 10 cm de radio. Por ello, como segundo recipiente, se utilizó un bote plástico cilíndrico de 20 litros, el cual tuvo 28.5cm de diámetro y 35.5cm de altura. Este recipiente cumplió también con el espacio que necesitan ambos sensores para la medición.

Datos para la curva de calibración del sensor 5TE. Para generar los datos de la curva de calibración del suelo franco con el sensor 5TE se procedió a secar el suelo expuesto al sol y al aire libre durante cuatro días hasta lograr que el suelo esté seco, asegurándose que el suelo esté en el nivel más seco considerando la guía para calcular las condiciones de humedad del suelo de la USDA (2005). Adicionalmente se eligió secar por este método ya que asemeja mas las condiciones naturales de campo y son las condiciones de humedad en las que el cultivo estará expuesto. Posteriormente se midió la humedad del suelo en dicha condición con el sensor 5TE. Cabe mencionar que se comenzó a medir con este sensor debido a que la lectura del nivel de humedad la provee mediante una cadena de caracteres, la cual

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

proporciona un valor numérico adimensional que se puede convertir a humedad de suelo con la ecuación de calibración del fabricante (Meteor Group, 2019b):

$$WVC = 4.3 \times 10^{-6} \varepsilon_a^3 - 5.5 \times 10^{-4} \varepsilon_a^2 + 2.92 \times 10^{-2} \varepsilon_a - 5.3 \times 10^{-2} \quad (1)$$

Donde ε_a es el valor estimado por el sensor dividido por 50. Y el WVC tiene unidades de $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$.

La medición en seco con el sensor 5TE se tomó como la humedad observada de referencia, dado que su precisión es de $\pm 0.03 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$, cuando no hay ecuación de calibración específica (Meteor Group, 2019b). Los valores numéricos adimensionales fueron los que se fueron registrando para que con estos se obtuviera la ecuación de calibración específica. La primera medición de valores se realizó en el recipiente cilíndrico de 13 cm X 20 cm, para ello, se obtuvo un recipiente para un litro de agua. Este recipiente vacío fue llenado dos veces con el suelo seco y el suelo obtenido se colocó en el recipiente cilíndrico de 13 cm X 20 cm, para que el sensor pudiera ser instalado y que haya suelo suficiente para realizar la medición, debido a que el sensor mide a lo largo de sus puntas. Posteriormente, con una báscula digital de vidrio de 5Kg marca Truper®, se pesó el suelo junto con el recipiente. Se colocó el sensor dentro del suelo en diferentes ángulos y posiciones (para simular una medición del usuario), para realizar 12 mediciones de humedad. Posteriormente se agregaron 115 gramos de agua al sustrato mediante dispersión con un aspersor Truper® de 1 lt. Para agregar el agua, el suelo fue dispersado en un área de 1 m^2 y posteriormente se asperjó el agua a una distancia de 15 cm.

Luego se mezcló manualmente el agua con el suelo durante 15 minutos y se regresó el suelo al recipiente contenedor en donde se dejó reposar durante 60 minutos y a la sombra y con el recipiente tapado para evitar pérdidas por evaporación y asegurarse de que el agua se distribuyera en todo el suelo. Se reposó 60 minutos debido a que Aoki y Sereno (2006) en su investigación de infiltración encontraron valores mayores de velocidad (mayor que 25 mm h^{-1}) de infiltración durante los primeros quince minutos en lluvias simuladas y se espera que se disperse de manera homogénea la mayor cantidad de agua en el suelo. El paso siguiente fue medir en 12 repeticiones nuevamente de la humedad de suelo con el sensor 5TE de la misma manera que se había hecho la primera medición.

Para los demás niveles de humedad en el suelo franco se realizó el mismo procedimiento antes descrito y se obtuvieron 12 repeticiones por cada nivel de humedad. Los niveles de humedad medidos en el suelo franco corresponden a la cantidad de agua agregada en el suelo de 0 mL, 115 mL, 213 mL, 306 mL, 406 mL y, 739 mL.

Cabe mencionar que los niveles de humedad en el suelo arenoso también fueron medidos mediante el mismo procedimiento que el suelo franco (antes descrito). Los niveles de humedad medidos en el suelo arenoso corresponden a la cantidad de agua agregada en la arena de 0 mL, 56 mL, 135 mL, 240 mL, 347 mL y, 794 mL.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Después de haber terminado de obtener las mediciones con el primer recipiente, se realizó el procedimiento con el segundo recipiente de medidas 28.5 cm X35.5 cm, para ello, se obtuvo un recipiente para un litro de agua. Este recipiente vacío fue llenado 18 veces con el suelo seco y el suelo obtenido se colocó en el recipiente cilíndrico de 28.5 cm X35.5 cm. Posteriormente, con una báscula digital de 40Kg marca B-Zeero® (5g de precisión), se pesó el suelo junto con el recipiente. Se colocó el sensor dentro del suelo en diferentes ángulos y posiciones (para simular una medición del usuario), para realizar 12 mediciones de humedad. Posteriormente se agregaron 1175 mL (gramos tomando en cuenta una densidad del agua equivalente a 1g/mL) de agua al sustrato mediante dispersión con un aspersor Truper® de 2 lt. Para agregar el agua, el suelo fue dispersado en un área de 1 m² y posteriormente se asperjó el agua a una distancia de 15 cm. Luego se mezcló manualmente el agua con el suelo durante 15 minutos y se regresó el suelo al recipiente contenedor en donde se dejó reposar durante 60 minutos y a la sombra y con el recipiente tapado para evitar pérdidas por evaporación y asegurarse de que el agua se distribuyera en todo el suelo. El paso siguiente fue medir en 12 repeticiones nuevamente, la humedad de suelo con el sensor 5TE de la misma manera que se había hecho la primera medición. Para los siguientes niveles de humedad se agregó agua y se realizó el mismo procedimiento descrito. Los niveles de humedad agregados y medidos (12 repeticiones por nivel) corresponden a: 0 mL, 1175 mL, 2315 mL, 3205 mL, 4490 mL y, 5930 mL.

Cabe mencionar que los niveles de humedad en el suelo arenoso también fueron medidos mediante el mismo procedimiento que el suelo franco (antes descrito) con el recipiente de 28.5 cm X35.5 cm. Los niveles de humedad medidos en el suelo arenoso con este recipiente corresponden a la cantidad de agua agregada en la arena de 0 mL, 910 mL, 1815 mL, 2895 mL, 4265 mL, 5410 mL y, 7840 mL.

Datos para la curva de calibración del sensor 10HS. Para obtener los datos de la curva de calibración del sensor 10HS se realizó el mismo procedimiento que se hizo con el sensor 5TE antes descrito. No obstante, a diferencia del sensor 5TE, el sensor 10HS regresa valores en forma de un valor analógico y no valor digital (Meteor Group, 2019a). Esto significa que la precisión y resolución de la medición, dependen de la capacidad de la tarjeta Arduino Mega 2560 para medir valores analógicos. Como primero paso para obtener los valores de humedad en m³ m⁻³, se obtuvo el valor adimensional proporcionado por la tarjeta Arduino Mega 2560 cuando está expuesto al aire, el cual corresponde al valor de 1 de permitividad dieléctrica aparente (ϵ_a) y, cuando el sensor está completamente dentro del agua el valor de ϵ_a será de 80 (Meteor Group, 2019a). Se obtuvieron los valores adimensionales con la tarjeta de 128 y 303 respectivamente. En el manual del sensor 10HS no se presenta una ecuación para determinar el WVC con el valor de ϵ_a , por lo que los valores de ϵ_a de 1 y 80 se transformaron a mV utilizando la Ecuación 2 (del fabricante), obteniendo 347.031 mV y 1209.623 mV respectivamente.

$$\epsilon_a = 2.589 \times 10^{-10} mV^4 - 5.010 \times 10^{-7} mV^3 + 3.523 mV^2 - 9.135 mV + 7.457 \quad (2)$$

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

La Ecuación 2 se resolvió con el método de fuerza bruta hasta obtener 4 decimales de precisión. Con los valores anteriores se obtuvieron las relaciones 128 adimensional corresponde a 347.031 mV y 303 adimensional corresponde a 1209.623 mV. Al valor promedio de los datos adimensionales de las 12 repeticiones de cada humedad, se le hizo una interpolación para conocer su valor en mV. Por lo tanto, se obtuvieron 6 valores para obtener la gráfica de calibración.

Ecuaciones de calibración. Para determinar las ecuaciones de calibración se determinaron los valores de humedad observada en $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, tomando como referencia de humedad cuando el suelo estuvo seco, el valor que arrojó el sensor 5TE debido a que en Zhu et al. (2019) encontraron que este sensor tuvo el mejor desempeño en suelo franco-limoso, y buen desempeño en suelo areno-arcilloso y su repetibilidad fue una de las mejores entre todos los sensores. Con el dato de humedad en condición de suelo totalmente seco, se obtuvo el primer valor de humedad volumétrica, posteriormente las siguientes humedades observadas se obtuvieron al sumar los porcentajes volumétricos de agua agregados al suelo analizado.

Número mínimo de repeticiones para determinar la humedad. Para determinar la medición de cada nivel de humedad de suelo se obtuvieron 12 repeticiones. No obstante, para tener mayor confianza en el resultado se realizó un muestreo simple aleatorio clásico para determinar el número mínimo de muestras que se deben tomar para obtener un valor promedio de humedad en el suelo con una confianza del 95%. Para realizar el muestreo se utilizó como tamaño de la población un número muy grande ($N = 100,000$) y, se calculó un tamaño de muestra para cada nivel de humedad (se tomó como muestreo previo a las 12 repeticiones para cada nivel de humedad). Se calcularon los tamaños de muestra tomando en cuenta un error dispuesto a aceptar de 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 2%, 3%, 4% y en algunos casos 5% (hasta que el tamaño de muestra fuera menor que 1 en todos los niveles de humedad).

Resultados

En el caso del recipiente de 13 cm x 20 cm, en ambos suelos, se obtuvieron los valores volumétricos de humedad tomando en cuenta una densidad del agua equivalente a 1 g cm^{-3} , por lo que para transformar los gramos de agua a volumen se utilizó esta relación. En el caso del suelo, se calculó el volumen que ocupó el suelo en el recipiente y se obtuvo un volumen de 2000 cm^3 , la cual era la cifra esperada debido a que es el suelo que cupo en dos recipientes vacíos de 1 lt de agua. Cabe mencionar que la humedad observada cuando el suelo estuvo totalmente seco se tomó como el promedio de los 12 valores medidos con el sensor 5TE (debido a que ha demostrado tener el mejor desempeño [Zhu et al., 2019]) y fue de $0.065 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$. En el siguiente nivel de humedad del suelo se agregaron 115 g de agua, los cuales equivalen a $0.0575 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ($115 \text{ cm}^3 / 2000 \text{ cm}^3$), por lo tanto, este siguiente nivel contenía $0.1225 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ($0.065 \text{ m}^3 \text{m}^{-3} + 0.0575 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$). De la misma manera se calcularon los siguientes niveles de humedad, obteniendo valores observados. Posteriormente, con los valores promedio de cada nivel de humedad en suelo franco (promedio de 12 repeticiones por cada nivel de humedad) se obtuvo la humedad en unidades de $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ con la ecuación de calibración genérica del manual del sensor 5TE (Meteor Group Inc., 2019b) y se graficaron

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

como se muestra en la Figura 1. Para el caso del segundo recipiente (de medidas 28.5X35.5cm) se realizó el mismo procedimiento tomando en cuenta un volumen de 18000 cm³ de suelo. La ecuación de regresión se muestra de igual manera se muestra en la Figura 1.

Se realizó el mismo procedimiento para ambos recipientes (13X20cm y 28.5X35.5cm) en el suelo arenoso y se graficaron los datos de humedad con los de permitividad dieléctrica aparente para el sensor 5TE como se muestra en la Figura 2.

Cabe mencionar que además se realizó el mismo procedimiento para ambos recipientes (13X20cm y 28.5X35.5cm) y se graficaron los datos de humedad con los de permitividad dieléctrica para el sensor 10HS en el suelo franco (Figura 3) y arenoso (Figura 4).

Posteriormente se graficaron los resultados del muestreo de acuerdo al sustrato y al sensor como se muestra en la Figura 5. Después de lo anterior, la información sobre calibración se ordenó en el desarrollo elaborado y el resultado del dispositivo completo se muestra en la Figura 6.

Cuadro 1. Precisión obtenida (RMSE) con la ecuación del fabricante y precisión obtenida (RMSE) con ecuaciones específicas.

Recipiente	Sensor	Fabricante		Específica	
		Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
		Arenoso	Franco	Arenoso	Franco
28.5X35.5	5TE	0.0475	0.0464	0.0139	0.0058
28.5X35.5	10HS	0.0481	0.0558	0.0078	0.0045
13X20cm	5TE	0.0681	0.0669	0.0221	0.0111
13X20cm	10HS	0.0408	0.0307	0.0062	0.0114

Discusión

Pizarro et al. (2020) realizó un estudio para calibrar sondas TDR en donde relaciona la permitividad dieléctrica y la humedad del suelo y realizó un ajuste polinómico de grado 3 que dio una R² de 0.988, utilizando información de todos los suelos que estudió. Lo anterior coincide con este estudio ya que se encontraron datos similares de R² al ser mayores a 0.99 para todas las ecuaciones de calibración generadas en ambos recipientes y para ambos tipos de suelo. Cabe mencionar que Vaz et al. (2013) utilizaron el valor de RMSE como una medida de la precisión, además, encontraron que las curvas de calibración del fabricante tuvieron menor precisión que las indicadas en el manual de usuario de los sensores. De la misma manera, en este estudio se infiere lo mismo de acuerdo con la Cuadro 1. La precisión del sensor 10HS fue en promedio de 0.0074 m³m⁻³ y la del sensor 5TE fue de 0.0132 m³m⁻³. Estas cifras están por debajo de cifras encontradas por autores como Visconti et al. (2014) que encontró RMSE de 0.05 m³m⁻³ para el sensor 5TE y 0.07 m³m⁻³ para el sensor 10HS, con R² de 0.92 y 0.81 respectivamente. Sin embargo, se puede mencionar que al realizar la calibración, se tomaron similares condiciones de temperatura y conductividad eléctrica, esto debido a que Zhu et al. (2019) indica que los sensores son afectados por la temperatura debido

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

a que pueden cambiar el valor hasta en $0.21 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ por cada 1°C en textura franco-limosa y $-0.052 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ en textura areno-arcillosa. No obstante, Spelman et al. (2013) encontró valores de R^2 entre 0.981 y 0.994 con el sensor 10HS, coincidiendo con este estudio (Figura 1, Figura 2, Figura 3 y Figura 4). Además, Parvin y Degré (2016) encontraron valores de R^2 hasta de 0.99 para el sensor 10HS y RMSE similares a los encontrados en este estudio.

Cabe mencionar que el dispositivo elaborado en este estudio, está diseñado para ser extraído y colocado en el suelo nuevamente, lo cual puede hacer que haya otro error por la instalación. Debido a ello, se realizó un muestreo simple aleatorio clásico y se encontró que para el suelo arenoso, por encima de la humedad a saturación (Figura 2 y Figura 4), las mediciones mostraban una gran varianza que provocaba un tamaño de muestra muy grande. Debido a ello, para hacer la gráfica de tamaño de muestra en arena (Figura 5), se tomaron en cuenta datos por debajo del punto de saturación. En el caso del suelo no fue necesario acotar el rango de medición. Con los datos de la Figura 5, se puede notar que en ambos suelos y ambos tamaños de recipiente, solo se requiere de tomar una medición para obtener en general un error menor de $0.02 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Cabe mencionar que en general, como se puede observar en la Figura 5, se puede alcanzar un error de $0.01 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ si se realizan dos mediciones de humedad de suelo con el sensor y se obtiene el promedio de esas mediciones, con una confianza del 95% (excepto en el recipiente de 13X20 cm con suelo franco).

Conclusión

Los sensores de humedad 10HS y 5TE ofrecen en general una mejor precisión utilizando una ecuación de calibración específica, la cual debe obtenerse si se desea trabajar con estos sensores. Esto es porque se ha determinado que la ecuación de calibración del fabricante tendrá menor precisión que la indicada por el manual. Además, la ecuación de calibración específica tendrá un valor de $R^2 > 0.99$ y precisión promedio de $0.0074 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para el sensor 10HS y de $0.0132 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para el sensor 5TE. Por otro lado, al ser un dispositivo portátil de medición, se concluyó que en general, promediando dos mediciones de humedad en el suelo, se puede llegar a obtener un error de hasta $0.01 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Se encontró que el sensor en el sustrato arena deberá ser utilizado cuando el suelo presente un nivel de humedad por debajo de la saturación. Finalmente, el tamaño del recipiente puede modificar a la ecuación de calibración.

Referencias bibliográficas

- Aguilera-Morales, M. E., Hernández-Sánchez, F., Mendieta-Sánchez, E., & Herrera-Fuentes, C. (2012). Producción integral sustentable de alimentos. *Ra Ximhai*, 8(3), 71-74.
- Al-Hadithi, B. M., Cena, C. E. G., León, R. C., & Loor, C. L. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial inteligente para cultivos protegidos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 13(4), 421-429.
- Aoki, A. M., & Sereno, R. (2006). Evaluación de la infiltración como indicador de calidad de suelo mediante un microsimulador de lluvias. *Agriscientia*, 23(1), 23-31.
- Arduino SRL (2022). Arduino Documentation: Analog In Out Serial Built in example. Last revision 19/01/2023.
- Arduino SRL (2023). Arduino Mega 2560 Rev 3 Product Reference Manual. Via Andrea Appiani 25, 20900 Monza MB, Italy.

**12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

- Bitella, G., Rossi, R., Bochicchio, R., Perniola, M., & Amato, M. (2014). A novel low-cost open-hardware platform for monitoring soil water content and multiple soil-air-vegetation parameters. *Sensors*, 14(10), 19639-19659.
- Chávez, C., Fuentes, C., & Ventura Ramos, E. (2010). Uso eficiente del agua de riego por gravedad utilizando yeso y poliacrilamida. *Terra Latinoamericana*, 28(3), 231-238.
- Cobos, D. (2008a). 10HS volume of sensitivity. Application Note 13900-01, Decagon Devices, Pullman, WA.
- Cobos, D. (2008b). 5TE volume of sensitivity. Application Note 14526-01, Decagon Devices, Pullman, WA.
- CONAGUA (2023). USOS DEL AGUA. Consultado el 17 de Enero de 2023 en URL: [Usos del Agua | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](https://www.gob.mx/Usos-del-Agua).
- Ferrarezi, R. S., Nogueira, T. A. R., & Zepeda, S. G. C. (2020). Performance of soil moisture sensors in Florida sandy soils. *Water*, 12(2), 358.
- Flores, M., Velasco, V., Flores, F., & González, G. (2010). Red Inalámbrica de Sensores para Monitoreo de Humedad Enterrada. *Revista Iberoamericana de Sensores (IBERSENSOR)*, 7(1), 1-6.
- Mahmood, D. M. F. M. B. (2014). Data acquisition of greenhouse using Arduino. *Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences*, 22(7), 1908-1916.
- Martin, E. C. (2017). Métodos para medir la humedad del suelo para la programación del riego ¿Cuándo?. University of Arizona. College of agricultural and life sciences. Arizona Cooperative Extension. Arizona. 8 p. URL: [az1220s-2017_0.pdf \(arizona.edu\)](https://arizona.edu/az1220s-2017_0.pdf)
- Maya, E. A., Burbano, J. L., Domínguez-Limaico, H. M., Ponce, K. L., Negrete, K. P., & Guevara, C. P. (2017). Red inalámbrica de sensores para gestión de un sistema de riego por goteo en cultivos de fresas bajo invernadero. *Revista Sarance*, (39), 23-39.
- Mayhua López, E., Ludeña Choez, J., Tamayo Bedregal, J., Cuba Reyes, M., Núñez Zambrano, Á., Gonzales Ale, N., & Lozada Herrera, D. (2015). Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos. *Revista de Investigación Arequipa*, 7, 69-92.
- Meteor Group Inc. (2019a). 10HS water content, operator's manual. Último Acceso 23/01/2023. URL: [20426_10HS_Manual_Web.pdf \(metergroup.com\)](https://metergroup.com/20426_10HS_Manual_Web.pdf)
- Meteor Group Inc. (2019b). 5TE water content, EC and temperature sensors, operator's manual. Último Acceso 23/01/2023. URL: [20435_5TE_Manual_Web.pdf \(metergroup.com\)](https://metergroup.com/20435_5TE_Manual_Web.pdf)
- Oktariawan, I. (2013). Pembuatan sistem otomasi dispenser menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2).
- Olmos, R. R. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. Plaza y Valdés.
- Parvin, N., & Degré, A. (2016). Soil-specific calibration of capacitance sensors considering clay content and bulk density. *Soil Research*, 54(1), 111-119.
- Pizarro I., Françoso M., De Almeida L. y Matsura E. (2020). Calibración de un modelo empírico para la evaluación y monitoreo del contenido de humedad en suelos tropicales compactados usados en la subrasante de pavimentos. *Revista Ingeniería de Construcción*. 35(3) 275-286.
- Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 21(1), 31.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023

Chapingo, México

Spelman, D., Kinzli, K. D., & Kunberger, T. (2013). Calibration of the 10HS soil moisture sensor for southwest Florida agricultural soils. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(12), 965-971.

USDA (2005). Cálculo de la humedad del suelo por tacto y apariencia. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de los Recursos Naturales. Program Aid 1619-SP. Consultado el 23 de Enero de 2023. URL: [pdf.aspx\(usda.gov\)](https://pdf.aspx(usda.gov))

Valenzuela, A. (1997). Estudio comparativo de eficiencia de riego en California (USA) y valle central de Chile. *Agro sur*, 25(2), 203-212.

Vaz, C. M., Jones, S., Meding, M., & Tuller, M. (2013). Evaluation of standard calibration functions for eight electromagnetic soil moisture sensors. *Vadose Zone Journal*, 12(2), 1-16.

Visconti, F., de Paz, J. M., Martínez, D., & Molina, M. J. (2014). Laboratory and field assessment of the capacitance sensors Decagon 10HS and 5TE for estimating the water content of irrigated soils. *Agricultural Water Management*, 132, 111-119.

Zhu, Y., Irmak, S., Jhala, A. J., Vuran, M. C., & Diotto, A. (2019). Time-domain and frequency-domain reflectometry type soil moisture sensor performance and soil temperature effects in fine-and coarse-textured soils. *Applied Engineering in Agriculture*, 35(2), 117-134.

Zotarelli, L., Dukes, Y., & Morgan, T. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. *The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS)*, 2-5.

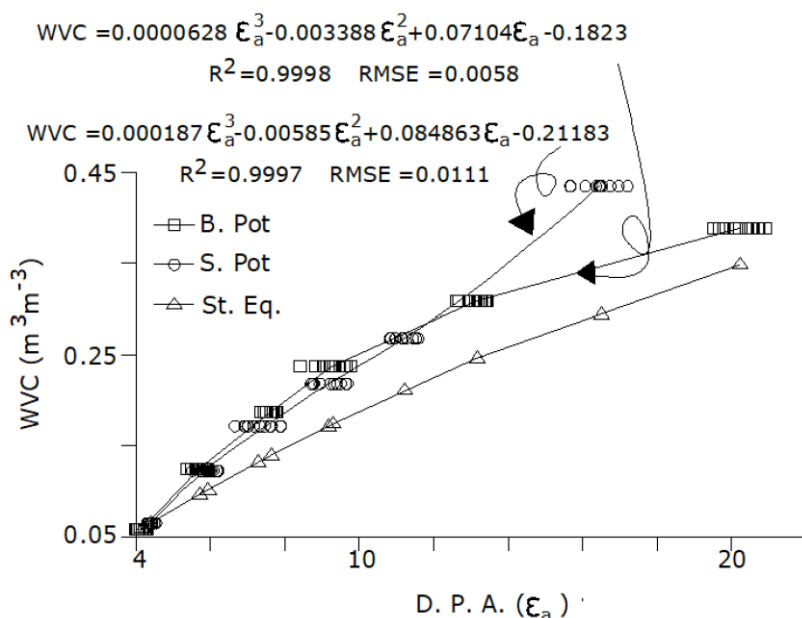


Figura 1. Relación de humedad de suelo (WVC) con la permitividad dieléctrica aparente (D. P. A.) obtenida con la ecuación de calibración genérica del sensor 5TE (St. Eq.), con la ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 13X20cm (S. Pot) y, con la ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 28.5X35.5cm (B. Pot) en el suelo Franco.

**12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

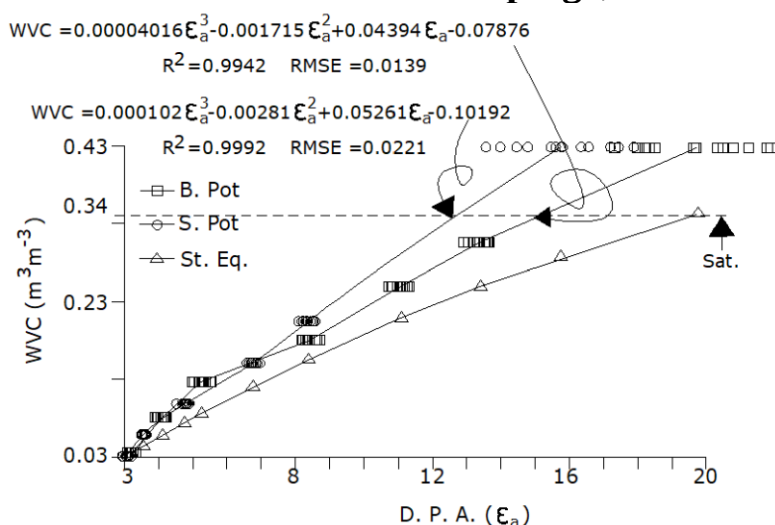


Figura 2. Relación de la humedad de suelo (WVC) con la permitividad dieléctrica aparente (D. P. A.) obtenida con la ecuación de calibración genérica del sensor 5TE (St. Eq.), ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 13X20cm (S. Pot) y, ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 28.5X35.5cm (B. Pot) en el suelo Arenoso y la línea que indica la humedad a saturación (Sat.).

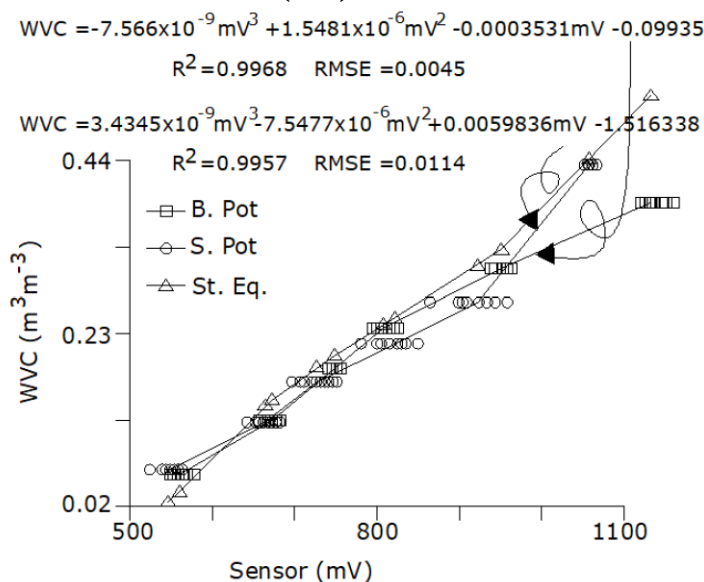


Figura 3. Relación de la humedad de suelo (WVC) con el voltaje (Sensor), obtenida con la ecuación de calibración genérica del sensor 10HS (St. Eq.), ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 13X20cm (S. Pot) y, ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 28.5X35.5cm (B. Pot) en el suelo Franco.

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023 Chapingo, México

$$WVC = 1.8949 \times 10^{-9} \text{ mV}^3 - 4.2869 \times 10^{-6} \text{ mV}^2 + 0.0036945 \text{ mV} - 0.97325$$

$$R^2 = 0.9978 \quad RMSE = 0.0078$$

$$WVC = 6.4723 \times 10^{-11} \text{ mV}^3 + 2.7081 \times 10^{-7} \text{ mV}^2 + 0.000149 \text{ mV} - 0.114257$$

$$R^2 = 0.9973 \quad RMSE = 0.0062$$

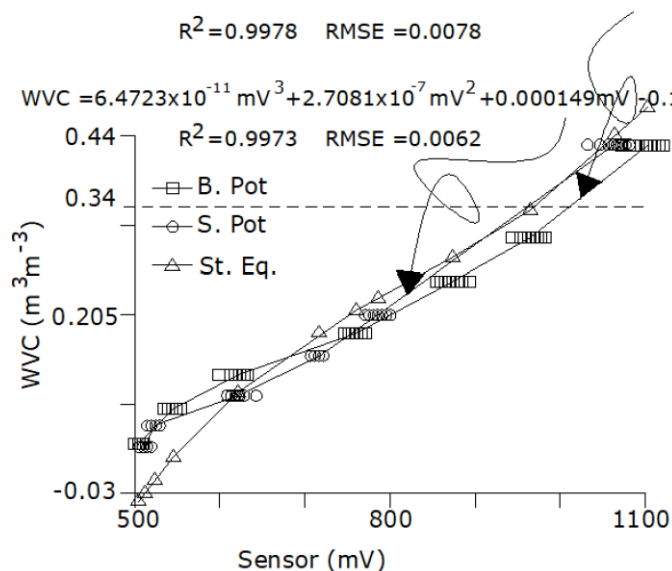
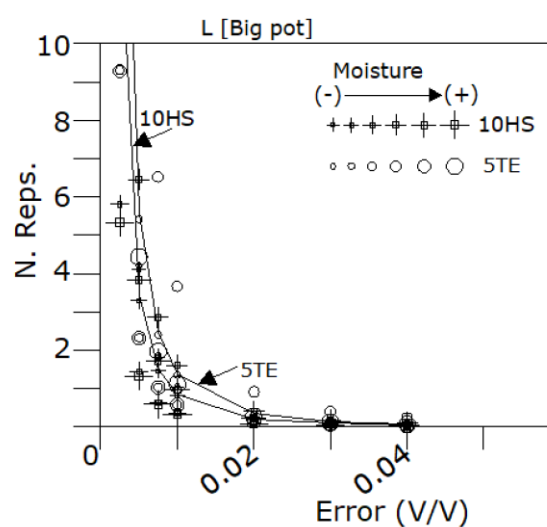
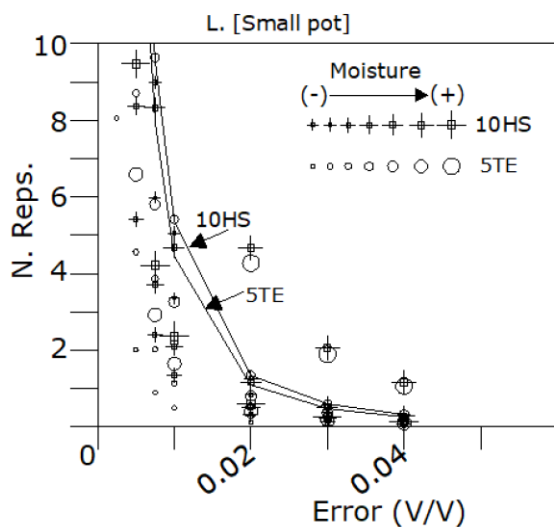


Figura 4. Relación de la humedad de suelo (WVC) con el voltaje (Sensor), obtenida con la ecuación de calibración genérica del sensor 10HS (St. Eq.), ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 13X20cm (S. Pot) y, ecuación de calibración específica obtenida con los datos observados en el recipiente de 28.5X35.5cm (B. Pot) en el suelo Arenoso la línea que indica la humedad a saturación (Sat.).



**12º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas, 7 y 8 de septiembre de 2023
Chapingo, México**

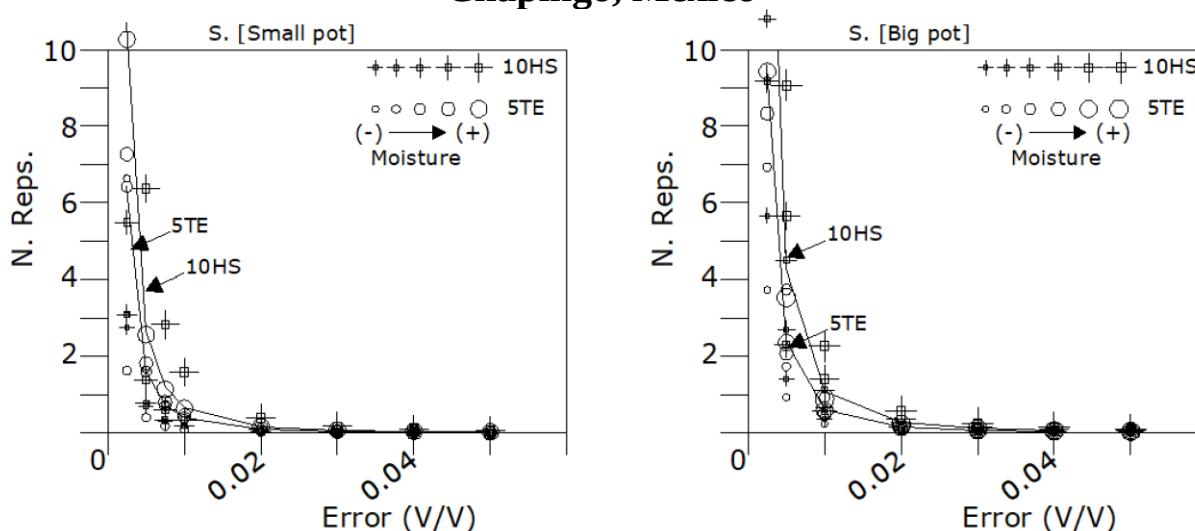


Figura 5. Relación del error que el investigador está dispuesto a aceptar (Error) con respecto al número de mediciones que se realizan para obtener la humedad (N. Reps.) del sustrato arena para el recipiente de 13X20 cm (S. [Small pot]), arena para el recipiente de 28.5X35.5cm (S. [Big pot]) y, del sustrato suelo franco para los recipientes de 13X20 cm (L. [Small pot]) y suelo franco para el recipiente de 28.5X35.5cm (L. [Big pot]).



Figura 6. Desarrollo elaborado mostrando la opción de bienvenida del menú. operator's manual, ver. 6. Decagon, Pullman