

Estudio de la localización de una planta productora de xilitol en México, a partir de olote de maíz bajo un esquema de desarrollo sostenible

RESUMEN: El xilitol es un edulcorante natural no calórico, contiene un poder edulcorante similar a la sacarosa, pero con un valor calórico inferior (2.4 kcal), además el xilitol tiene propiedades terapéuticas tales como: anti-cariogénico, independiente de la insulina, y fija el calcio en los huesos, entre otros. En el Instituto Tecnológico de Veracruz se han realizado estudios sobre el mejoramiento del proceso de producción de xilitol a partir de: olote de maíz, bagazo de sorgo y caña de azúcar, obteniendo rendimientos ($Y_{x/s}$) de: 0.56, 0.58 y 0.67 g xilitol/g xilosa, respectivamente. En un estudio realizado se encontró que en el 2018 la demanda de xilitol en México fue de 876.94 toneladas/año y que en México no se produce. Uno de los residuos más adecuados para producir xilitol en México es el olote de maíz, ya que en el 2018 se generaron 4.2 millones de toneladas. Lo cual haría factible la instalación de una planta productora de xilitol en el país. Con la implementación de la metodología de puntos ponderados se determinó que el estado de Sinaloa y específicamente el municipio de Los Mochis es el lugar idóneo para la localización de una planta de xilitol, debido a que cuenta con el 22% de la producción nacional.

PALABRAS CLAVE: Xilitol, olote de maíz, rendimiento, Optimización, demanda.



Colaboración

Mónica Paulina Lozano Rodríguez; Margarito Landa Zárate, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla; , María Guadalupe Aguilar Uscanga, Tecnológico Nacional de México / I. T. de Veracruz- UNIDA

ABSTRACT: Xylitol is a natural non-caloric sweetener belonging to the group of polyalcohols with sweetening power similar to sucrose but with a lower caloric value (2.4 kcal), 40% less than sucrose (4 kcal). Coupled with this, xylitol has therapeutic properties, for example, it is anticariogenic and insulin independent, it fixes calcium in the bones, and prevents respiratory problems. In the Veracruz Institute of Technology, studies have been carried out for more than ten years on the improvement of the process of xylitol production from agro-industrial waste (sweet sorghum and sugarcane bagasses, corn cob), obtaining yields ($Y_{x/s}$) between 0.56, 0.58 and 0.67 g xilitol/g xylose, respectively. In one study, it was found that in 2018 the demand for xylitol in Mexico was 876.94 tons per year, but no xylitol is produced nationally. The appropriate residue to produce xylitol is corn cob; already in 2018, 4.2 million tons were generated, the state of Sinaloa being the first producer nationwide, with 22% of the total, making this state and Los Mochis an ideal location for the first xylitol producing plant.

KEYWORDS: Xylitol, corn cob, yield, optimization, demand

INTRODUCCIÓN

Los edulcorantes se pueden clasificar de diferentes formas: por su origen: naturales y artificiales, por su estructura; carbohidratos, polialcoholes, glucósidos, proteínas y otros, por su valor nutritivo: nutritivos y no nutritivos, por su valor calórico: dietéticos, no dietéticos. Basándose en esa clasificación el xilitol se puede considerar como un edulcorante, natural, no calórico, perteneciente al grupo de los polialcoholes y de bajo valor calórico. El xilitol es un polialcohol de cinco átomos de carbono, que cuenta con el mismo poder edulcorante que la sacarosa, pero posee un contenido calórico de 2.4 Kcal/g comparado con 4 Kcal/g de la sacarosa [1], se encuentra naturalmente en pequeñas cantidades (menos de

0.9g/100g), en varias frutas y vegetales que constituyen parte de la dieta humana (ciruela amarilla, fresa, coliflor, frambuesa, berenjena, lechuga, espinaca, cebolla, zanahoria, plátano, castaña, olote de maíz levadura de cerveza) [2]. Entre sus propiedades fisicoquímicas, se presenta que es un sólido cristalino en forma de cristales ortorómbicos o en una forma meta-estable como cristales monocíclicos. Cuenta con un calor de disolución negativo de -36.6 (cal g⁻¹ a 25°C), solubilidad de 63(%DS), peso molecular de 152.15 g mol⁻¹ y un punto de fusión entre 92-96° C. Es un compuesto altamente estable en solución y en condiciones normales de procesamiento de alimentos [3]. Estas propiedades son importantes para el ser humano por los beneficios a la salud que se han reportado: prevención de caries [4], metabolismo independiente de la insulina, favorece la fijación del calcio en los huesos ya que su uso produjo el incremento en la densidad ósea debido a la habilidad del xilitol de promover la absorción intestinal del calcio [5]. Acción antimicrobial contra gérmenes: Esta propiedad es enfocada a los estudios realizados para la otitis media que es la inflamación del oído medio, donde se realizaron pruebas a niños donde se demostró que el xilitol previene el desarrollo de la otitis media con una dosis diaria de 8.4 – 10 g de xilitol al día por un periodo de 2 a 3 meses [6].

Actualmente existen en el mercado una gran cantidad de productos diferentes y de distintas marcas que contienen xilitol para múltiples propósitos, a continuación se enlistan productos que contienen xilitol: solución para lavados nasales, dulces, gomas de mascar, enjuague bucal, pasta de dientes, edulcorante en polvo y mermeladas [7]. Debido a estos diversos usos la demanda internacional de xilitol ha aumentado constantemente en un 6% anual a causa de los importantes beneficios siendo el principal consumidor el mercado de alimentos. Se registran dos factores importantes para el aumento del consumo uno los problemas de salud, que impulsan el crecimiento del mercado de edulcorantes alternativos y otro es el aumento de la conciencia de los productos químicos libres de azúcar de bajas calorías obtenidos orgánicamente. Según lo reportado por Diptarka Dasgupta [8] a nivel mundial, el xilitol tiene un vasto mercado que comprende una demanda anual de 161.5 millones de toneladas métricas (MMT) equivalente a un valor de US \$ 670 millones en 2013, y se pronostica que alcanzará los 250 MMT para 2020, casi 1.5 veces su requerimiento actual con un mercado global valor de US \$ 1 mil millones.

La producción industrial de xilitol está basada en la hidrogenación catalítica de xilosa derivada principalmente de residuos agroindustriales. Este proceso requiere del uso de alta presión (20 atm) y temperatura (400°C), e involucra varios pasos de purificación, lo cual tiene un impacto en el precio final. Alternativamente, el xilitol puede ser producido por la vía biotecnológica, que puede ser más económica, al utilizar condiciones ami-

gables de presión y temperatura, y muy pocas etapas de purificación donde las enzimas o microorganismos actúan específicamente sobre la conversión de xilosa a xilitol [9].

A lo largo de los últimos años se ha presentado un aumento en el interés por el uso de los residuos agroindustriales (lignocelulósicos) en diferentes industrias. Esta tendencia se argumenta ya que tiene sus orígenes en el bajo costo y la elevada abundancia y disponibilidad de estos residuos a nivel mundial, unido a la necesidad de minimizar el deterioro medioambiental provocado por la disposición de los mismos. Las principales investigaciones han estado dirigidas a desarrollar tecnologías que los utilicen como materias primas en la producción de biocombustibles, pulpas, papel y productos químicos de nueva generación y alto valor agregado [10].

La biotecnología permite la bioconversión de residuos agroindustriales en productos de alto valor en el mercado a través de procesos de extracción directos o de transformación por química o microbiológica [11]. En uso de subproductos agroindustriales ha tenido un aumento en el interés de la preservación de la calidad del medio ambiente, al considerar el desarrollo de tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales. La búsqueda de materias primas de bajo costo y fácil adquisición que puedan ser utilizados como sustratos fermentables (fuentes de C o N) constituye uno de los retos más interesantes de la biotecnología [10]. La gran disponibilidad de residuos agroindustriales en México (alrededor de 100 millones de toneladas por año) tales como: el bagazo de caña, paja de arroz, mazorca de maíz, bagazo de sorgo dulce, olote de maíz hace de ellos una materia prima que puede ser convertida a productos con valor agregado por rutas biotecnológicas como lo es el xilitol. Estos residuos agroindustriales, están constituidos principalmente de lignina, hemicelulosa y celulosa, en donde la hemicelulosa es el principal sustrato a degradar para obtener la xilosa que es la materia prima para producir el xilitol [12]. El xilitol tiene una participación del 12% del mercado total de polioles y se prevé que el crecimiento se triplique.

La empresa líder en la fabricación de xilitol es Dupont Danisco, ubicada en China, Estados Unidos y Finlandia; en segundo lugar se encuentra Xylitol Canada Inc, posteriormente esta DFI Corp en Estados Unidos, Nova Green Inc en Canadá y Shandong futaste en China. [8].

México no participa como productor a nivel nacional e internacional, pero sí, como un consumidor potencial en aumento. Por lo que es importante realizar estudios que determinen la factibilidad técnica para construir plantas comerciales de xilitol en México, partiendo en el entendido de que una de las partes más importante en la implementación de plantas es su localización. [13].

Realizó un estudio de factibilidad para la creación de una centro de capacitación ocupacional de la empresa SEDICOM en Ecuador, en donde aplicó el método de puntos ponderados y el estudio de mercado para la localización óptima de la planta. Así también Corriolo[14] aplicó esta misma metodología para la localización de la presa "Carlazo" en Bolivia, donde se determinó la macro y la micro localización de esta presa.

Partiendo de la disponibilidad de materia prima en el país y además que el Instituto Tecnológico de Veracruz cuenta con la tecnología y el desarrollo experimental sobre el proceso de la producción de xilitol a partir de olote de maíz [15]. Se establece el presente trabajo teniendo como objetivo principal determinar la localización de la primer planta productora de xilitol en México, considerando dos aspectos principalmente: 1) Un estudio de la demanda de xilitol en México y la disponibilidad de la materia prima, 2) La determinación de la macro y micro localización de la planta, todo esto considerando un esquema de desarrollo sostenible es decir, que los residuos generados de la cosecha del maíz y de la planta de producción se utilicen como insumos para generar nuevos productos de alto valor agregado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio técnico

El presente estudio permite analizar el proceso de producción xilitol para ver su factibilidad técnica en lo que se refiere a: equipamiento (que comprende identificar los equipos y la maquinaria), las materias primas y las instalaciones necesarias para llevar a cabo de la mejor manera el proceso. El estudio técnico comprende la determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, la ingeniería del proyecto y el análisis organizacional [16].

Proceso de producción

El proceso de producción es el procedimiento que se lleva a cabo en donde los insumos son transformados en productos mediante las ciertas tecnologías. Para generar el diagrama del proceso de producción de xilitol se contó con los datos obtenidos del grupo de trabajo del laboratorio de bioingeniería en el Instituto tecnológico de Veracruz, donde Castañon [15] y Gastelum [7]. utilizando como materia prima olote de maíz con el microorganismo *Candida tropicalis* IEC51TV con las siguientes condiciones de operación: 30° C, 250 rpm y pH 5.0.

Análisis de la demanda

Simón Andrade [17]. define demanda como "La cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a adquirir a un precio dado y en un lugar establecido, con cuyo uso pueda satisfacer parcial o totalmente sus necesidades particulares o pueda tener acceso a su utilidad intrínseca".

La demanda también es conocida como el consumo nacional aparente (CNA), que es la cantidad de determina-

do bien o servicio que el mercado requiere, y se puede expresar con la Ecuación 1 [16]:

$$Demanda = Producción nacional + Importaciones - Exportaciones \quad Ec. 1$$

Para realizar este cálculo se utilizó la base de datos del INEGI, donde se obtuvieron los registros históricos de las importaciones y exportaciones en México a partir del año 2000, donde se comenzó a comercializar el xilitol en México. A partir del empleo del método de Winters (suavización exponencial triple) se pronosticará la demanda de los próximos 10 años.

Análisis de la materia prima:

La materia prima que se ocupa en este proceso es el olote de maíz debido a que se realizó una evaluación de diversos sustratos para la producción de xilitol, y por su contenido de hemicelulosa en dicha evaluación el olote de maíz resultó ser el mejor sustrato para la producción de xilitol, además de ser una materia prima que se produce en México. Una vez determinada la demanda del producto, se necesario conocer la disponibilidad de la materia prima en el país. Por ello se realizó una investigación sobre la producción nacional, importaciones y exportaciones de maíz blanco, mediante la base de datos del Centro de Información de Mercados Agroalimentarios, para determinar la disponibilidad de maíz en anual se estableció la Ecuación 2.

$$Disponibilidad de materia prima = producción anual + importaciones anuales - exportación anual \quad Ec 2$$

Determinada la cantidad de toneladas de maíz disponible en México, se realiza el cálculo de la disponibilidad de olote de maíz disponible en el país, del cual se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote [18].

Determinación de la Macro y Micro Localización

Para la determinación de la macro localización de la planta, esta se hará de acuerdo a la disponibilidad de la materia prima que se utilizará para la producción de xilitol, que es el olote de maíz, y se pretende ubicar en el estado que ocupe el primer lugar de la producción nacional de maíz [19]. Además se consideraran otros estudios como el análisis de los diferentes lugares donde es posible ubicar el proyecto, buscando establecer un lugar que ofrece los máximos beneficios, los mejores costos, es decir en donde se obtenga la máxima ganancia, o el mínimo costo unitario [20]. En este estudio, se toman en cuenta dos aspectos la macro y la micro localización, pero a su vez se deben analizar otros factores, llamados fuerzas locacionales, que de alguna manera influyen en la inversión de un determinado proyecto [20]. Para seleccionar la macro localización del proyecto se consideraran los siguientes factores, ubicación de los consumidores o usuarios, localización de la materia prima y demás insumos, vías de comunicación y medios de transporte, infraestructura de servicios públicos, políticas, planes o

programas de desarrollo, condiciones climáticas, ambientales, suelos [21]. Seleccionada la macro localización es importante seleccionar la ubicación específica de la planta (es decir la micro localización), utilizando el método cualitativo por puntos, que consiste en asignar factores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes para la localización. Esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios, para ello se utilizó la metodología de Baca [16] para obtener el micro localización de la planta.

RESULTADOS

En el grupo de investigación del Instituto tecnológico de Veracruz, se han registrado diversos estudios acerca de la producción de xilitol mediante el proceso biotecnológico, utilizando la levadura *Candida tropicalis* IEC5ITV, y diversos sustratos, en la Tabla 1 se resumen estos trabajos, así como de otros autores con olote de maíz y se indica las condiciones en las que llevaron a cabo el proceso así como sus resultados obtenidos.

La Tabla 1, muestra la comparación entre modo de fermentación, tipo de medio, rendimientos y productividades de xilitol y rendimiento de xilitol respecto al teórico. Se observa que los resultados obtenidos en medio HMM concentrado en lote alimentado fueron mayores con respecto a otros medios de operación obteniendo un rendimiento de 0.70 gg-1, utilizando olote de maíz.

Tabla 1. Resultados obtenidos para la producción de xilitol

Referencia	Medio	Modo de operación	YP/S (gg-1)	QP(gL-1h-1)	n(%)
Gastelúm, 2007	HBC	L	0.49	0.13	54
		LA	0.56	0.15	61
		L	0.31	0.1	34
Ortega <i>et al.</i> , 2011	HS	L	0.419	-	46
Ping <i>et al.</i> , 2013	HMM concentrado	LA	0.7	0.46	76
Infanzón, 2015	HBSD	LA	0.55	0.091	61
Castañón <i>et al.</i> , 2014	MSHBC	LA	0.57	0.27	62
	HBSD	L	0.12	0.04	13

Proceso de producción de xilitol:

Actualmente en el laboratorio de bioingeniería en el Instituto tecnológico de Veracruz desarrolla un proceso que abarca la entrada de la materia prima hasta la obtención de los cristales de xilitol, como se muestra en la Figura 1.

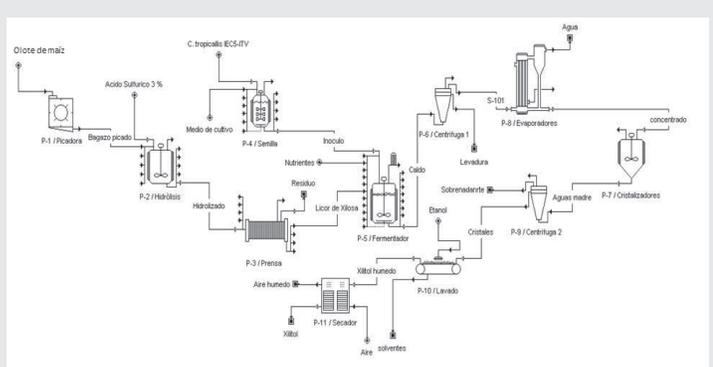


Figura 1. Proceso de obtención de xilitol a partir de olote de maíz en la Planta Piloto.

El proceso comienza con la entrada de materia prima para dirigirse a picadura, donde el olote de maíz es sec-

cionado en trozos pequeños para posteriormente pasar a la hidrólisis acida donde se liberan los azúcares que están contenidos en la hemicelulosa del olote, una vez realizada la hidrólisis, el hidrolizado pasa a la prensa y el residuo olote de maíz sale del proceso; el licor de xilosa obtenido pasa a la fermentación donde se agregan nutrientes y la semilla de inóculo (es la adaptación del microorganismo utilizado y el medio de cultivo), en la fermentación se transforma el licor de xilosa mediante el microorganismo *Candida tropicalis* IEC5ITV, para obtener el caldo de xilosa, que pasa a la centrifugación donde se realiza la separación del caldo de xilosa con la levadura, para dar paso a la evaporación, eliminando la mayor cantidad de líquido presente en el caldo de xilitol, obteniendo el concentrado de xilitol, la siguiente parte del proceso es la cristalización donde el concentrado de xilitol es transformado en aguas madre, cuyo contenido es mayoritariamente de cristales de xilitol, posteriormente pasa nuevamente a la centrifuga para realizar la separación de las aguas madres, retirando el sobrenadante y obteniendo los cristales de xilitol, por último se elimina cualquier tipo de impureza en los cristales mediante el uso de etanol, realizando el lavado se obtiene xilitol húmedo, que pasa a la etapa de secado con aire para posteriormente ser envasado.

Análisis de la demanda

El Análisis de la demanda consiste en determinar y medir cuales son los factores que afectan los requerimientos de mercado con respecto un bien o servicio, además busca conocer la factibilidad del producto para satisfacer la demanda, realizada la investigación sobre los datos históricos del consumo de xilitol, los cuales arrojaron que México no participa como productor ni como exportador de xilitol, participa en el mercado como importador, datos que se tomaron como la demanda de xilitol, puesto que en México solo se consume xilitol de importación.

La Figura 2 muestra el comportamiento de la demanda de los años 2008 a 2018(periodo 1-11), donde se puede observar que no se cuenta con una tendencia lineal, ya que en los primeros años 2008-2014 (periodos 1-7), se observa el crecimiento irregular de la demanda ya que en esos años comenzaba a tomar auge el xilitol en México y comenzó a incrementar, para que en los años 2011-2013 (periodos 4-6), se mantuviera un consumo de aproximadamente 800 toneladas, en el año 2014 decreció el consumo por debajo de las 800 toneladas, pero para los años 2015-2018(periodos 8-11) incremento la demanda ya que la cantidad de toneladas importadas se situó por arriba de las 800 toneladas durante tres años consecutivos. Por lo que se llevó a cabo un pronóstico mediante el método de Winters, donde se observó el crecimiento de la demanda de los años 2019 a 2030 (periodos 12- 23), donde se muestra un crecimiento lineal pero no acelerado, ya que en el año 2019 se pronostica una demanda de 889.96 toneladas, así como para el 2030 una demanda de 1055.24 toneladas, siendo así el crecimiento de 165.28 el crecimiento de la demanda pronosticado mediante el método Winters.

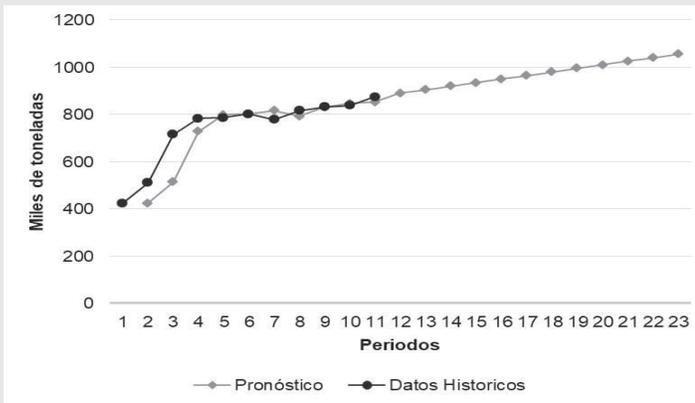


Figura 2: Datos históricos de la demanda

La CONADESUCA reporta que el consumo de productos no calóricos ha crecido a una tasa anual promedio de 10.7%, ya que el consumo de JMAF y otros productos como los no calóricos se han incrementado en los últimos años a una tasa mayor que el consumo de azúcar, logrando consolidarse en más de un cuarto del mercado de edulcorantes en México, con estos datos y la proyección el mercado de los edulcorantes no calóricos van creciendo exponencialmente, por lo que la producción de xilitol en México va a la alza y resulta factible la puesta en marcha de una planta productora de xilitol.

Análisis Materia prima:

Por otro lado, se realizó la formula menciona anteriormente en la cual se determinó la disponibilidad de maíz blanco en México en un periodo comprendido de 2009 -2018, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla No. 2. Disponibilidad de maíz blanco en México de 2009-2018

Maíz blanco disponible para la obtención de olote (millones de toneladas)									
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
20.913	16.959	21.418	22.595	21.044	21.323	24.094	23.991	23.714	24.516

Una vez determinada la disponibilidad de maíz blanco se obtuvo la cantidad de olote de maíz disponible, donde se obtuvieron los siguientes datos históricos de la producción de olote de maíz en los últimos 4 años, en donde se observó que la producción de olote se encuentra por encima de los 4 millones de toneladas anualmente (como se muestra en Figura 3).

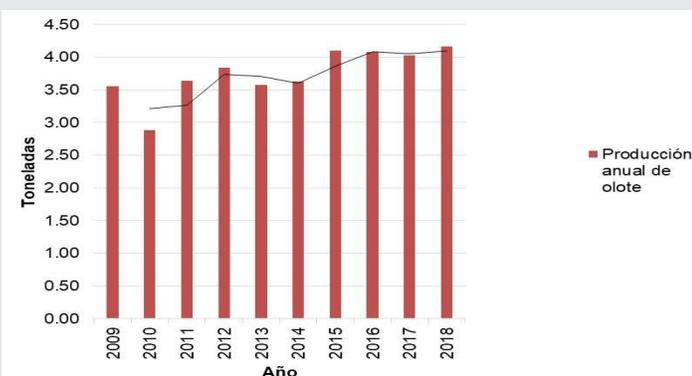


Figura 3: Toneladas de olote de maíz (datos históricos)

Considerando la obtención de olote del último año registrado (2018) podemos hacer una proyección o cálculo de la cantidad de xilitol que se puede producir, si se utilizará toda la disponibilidad de olote en México, el rendimiento de xilitol obtenido por [15] y la composición lignocelulosa que tiene el olote de maíz [22]. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Balance general de producción de xilitol a partir de olote de maíz

balance de materia				
toneladas de olote	Hemicelulosa	Xilosa	Rendimiento	total de xilitol
	33.60%	60%	57%	
4,167,720.00	1,400,353.92	840,212.35	478,921.04	toneladas de xilitol

Por lo que considerando la demanda del año 2018 que asciende 874 toneladas de xilitol, se cuenta con la suficiente materia prima para producir xilitol de olote de maíz, para satisfacer la demanda nacional y con posibilidad de producir xilitol para exportar, ya que la demanda equivale al 0.2% de lo que se podría producir de xilitol si se considerara toda la producción en México. Por lo que solo considerando un 5% de la producción de olote se estarían generando alrededor de 23 946 toneladas de xilitol, con esto se cubriría la demanda nacional y quedaría para exportarlo.

Determinación de la ubicación óptima de la planta:

Para la ubicación de la macro localización de la planta de xilitol en México, se consideró como factor clave la producción de material nacional, según las cifras reportadas de CIMA (2019) [23] se obtuvieron los siguientes porcentajes de producción por estado: Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los estados representan el (20%). Siendo Sinaloa el Estado con mayor producción de maíz teniendo el 11.17 millones de toneladas de maíz. Por lo que la mejor opción de locación macro es ponerla en el estado de Sinaloa.

Establecida la macro localización, se da paso a seleccionar la micro localización donde se establecieron los factores predominantes, los cuales fueron: Conflictos en centros de trabajo (huelgas), Seguridad en la región (número de conflictos), Pobreza en la región (cantidad de personas que se encuentran en pobreza), Cantidad de personas con empleo, Red carretera (km construido), Disponibilidad de materia prima (toneladas), costo de hectárea de terrenos. Se seleccionaron las ciudades a evaluar, las cuales fueron seleccionadas mediante el criterio de producción de materia prima, las ciudades seleccionadas fueron: Los Mochis, Culiacán, Guasave, La Cruz y Guamúchil, todas ellas situadas en el estado de Sinaloa. Se asignó un peso a cada factor, los cuales fueron los siguientes; Conflictos en centros de trabajo (0.05), Seguridad en la región (0.10), Pobreza en la región (0.10), Cantidad de personas con empleo (0.15), Red carretera (0.15), Disponibilidad de materia prima (0.30), costo de hectárea de terrenos (0.15). Se

asignó una escala del 0-10 para calificar los factores en cada ciudad y se realizó la calificación por ciudad, para cada factor se obtuvo información mediante la búsqueda de datos en el anuario estadístico del estado de Sinaloa, los cuales se muestran en la Tabla 4, para después continuar con la asignación de calificación a cada ciudad, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 4. Evaluación de cada factor por ciudad

Factor	Culliacán	Guamúchil	Guasave	La Cruz	Los Mochis
Conflictos en centrosde trabajo	48.00	3.00	8.00	2.00	18.00
Seguridad en la región, numero de conflictos	7,411.00	388.00	1,356.00	189.00	2,715.00
Pobreza en la región (Cantidad de personas que se encuentran en pobreza)	178,916.00	5,803.00	135,087.00	19,943.00	178,916.00
Cantidad de personas con empleo	366,171.00	29,804.00	101,770.00	23,070.00	190,182.00
Red carretera (km contruidos)	2,593.00	360.00	1,317.00	681.00	2,938.00
Disponibilidad de materia prima (Ton)	1,564,712.00	621,424.00	1,253,675.00	607,045.00	1,574,645.00
Costo de hectarea de terreno	170,000.00	120,000.00	175,000.00	150,000.00	110,000.00

Tabla 5. Calificación de factores

Factor	Peso	Calificación					Calificación				
		Culliacán	Guamúchil	Guasave	La Cruz	Los Mochis	Culliacán	Guamúchil	Guasave	La Cruz	Los Mochis
conflictos	0.05	1.00	6.00	4.00	8.00	2.00	0.05	0.30	0.20	0.40	0.10
Seguridad en la región	0.10	2.00	7.00	5.00	9.00	4.00	0.20	0.70	0.50	0.90	0.40
Pobreza	0.10	8.00	2.00	7.00	4.00	6.00	0.80	0.20	0.70	0.40	0.60
personas con empleo	0.15	4.00	8.00	7.00	9.00	5.00	0.60	1.20	1.05	1.35	0.75
Red carretera	0.15	9.00	2.00	7.00	5.00	8.00	1.35	0.30	1.05	0.75	1.20
Materia prima	0.30	9.00	7.00	8.00	6.00	10.00	2.70	2.10	2.40	1.80	3.00
Terrenos	0.15	6.00	8.00	5.00	7.00	9.00	0.90	1.20	0.75	1.05	1.35
Total	1						6.6	6	6.65	6.65	7.4

Elaborada la calificación de factores se determinó que la ciudad de Los Mochis Sinaloa es la idónea para implementar la primera planta de xilitol en México, ya que cuenta con un mayor peso por la cantidad de materia prima producida.

CONCLUSIONES

Considerando la cantidad de que se puede producir de xilitol con toda la producción de olote a nivel nacional es satisfactoria, como ya se tiene una localización de la planta se obtiene que con solo la producción de olote de maíz en Sinaloa se puede cubrir la demanda ya que se podrán producir 109,552.50 toneladas de xilitol.

La implementación de la planta de xilitol representaría un avance tecnológico para el país así como la generación de empleos en la región y un uso al olote de maíz que ya no será incinerado, lo que provoca altos índices de contaminación. Además, con la producción de xilitol en México este producto se convertirá en un producto de dominio público, volviéndose parte de la dieta de los mexicanos siendo un edulcorante con diversas propiedades para la salud.

El siguiente paso de éste proyecto es llevar a cabo un análisis económico en donde se demuestre la factibilidad económica y financiera de la implementación de la primera planta productora de xilitol a partir de olote de maíz en México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo otorgado en la beca de la C. Mónica Paulina Lozano Rodríguez para la realización de este trabajo que forma parte de su tesis de Maestría en Ingeniería Industrial. Así también a la Maestra en Ciencias Patricia G. Hayward Jones por su apoyo en la revisión del resumen en inglés.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Mussatto, S. Silva, S.S., Chandel, A.K : (2012). *Application of xylitol in food formulations and benefits for health. In d-Xylitol; . Berlin and Heidelberg Springer, 309–323.*

[2] Larosa. (1998). *alcoholes azúcares. zoetecno-campo.*

[3] Zumbe, A. A., Lee, A., Storey, D. (2001). *Pol-yols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery British. Journal of Nutritio, n. 85: 31-45.*

[4] Isokangas, P. S. Söderling, E., Pienihäkkinen, K. y Alanen, P. (2000). *Occurrence of consumption of xylitol chewing gum a follow-up 0- 5 years age . Journal of Dentist Research. , 79-11; 1885-1889.*

[5] Dean, W. (2002). *Xylitol – Sweetener may support bone health. Vitamin Research*

[6] Uhari, M. K., Kontiokari, T., Niemelä, M. (2007). *A novel use of xylitol sugar in preventing acute otitis media. . Pediatrics. , 102; 879-884.*

[7] Gastélum, M. E. (2007). *“PRODUCCIÓN DE XILITOL POR LA LEVADURA IEC5 -ITV A PARTIR DE HIDROLIZADO DE BAGAZO DE CAÑA EN CULTIVO”.* Veracruz, México: Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos.

[8] Diptarka Dasgupta, S. B. (2017). *Challenges and prospects of xylitol production with whole cell bio-catalysis: A review. Elsevier GmbH.*

[9] Rafiqul, I. S., Sakinah Mimi (2013.). *Process for the production of xilitol; . A review. Food Reviews International. , 29: 127-156.*

[10] Barragán, H. B. (2008). *UTILIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES. Revista Sistemas Ambientales, Vol. 2, No 1, págs. 44-50*

[11] Moldes, A. B. (2002). *. Production of a cellulosic sub-strate susceptible to enzymatic hydrolysis from prehidrolized barley husks. Agr. Food Sci. Finland . , 11(1): 51-58.*

[12] Chandel, A. D. Da Silva, S.S., Carbalho, W., Singh, O.V. (2011). Sugarcane bagasse and leaves: Foresseable biomass of biofuel and bio-products. . *Journal Chemistry Technology Biotechnology.*, 87: 11-20.

[13] Moldes, A. B. (2002). . *Production of a cellulosic sub-strate susceptible to enzymatic hydrolysis from prehidrolized barley husks.* *Agr. Food Sci. Finland.*, 11(1): 51-58.

[14] Corrillo, M. F. (2016). ESTUDIO DE LOCALIZACION DE UN PROYECTO. *Ventana Científica* Vol. 7. Nº 11, Pág. 29 – 33.

[15] Castañon,(2014). *Producción secuencial de xilitol y etanol a partir de hidrolizado de bagazo de caña utilizando levaduras autóctonas.* Veracruz, México.: Tesis de Doctorado en Ciencias Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz.

[16] Baca, U. G. (2010). *Evaluación de Proyectos.* México, D.F.: Mc GrawHill.

[17] Andrade Espinoza, Simón (2006) *Diccionario de economía, Lima Perú, Editorial Andrade*

[18] CIMMYT. (1995). *Manejo de los ensayos e informes de los datos para el Programa de Ensayos internacionales del maíz.* ISBN: 970-648-045-5 , 20.

[19] *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural,2017 .*

[20] Corrillo, M. F. (2016). ESTUDIO DE LOCALIZACION DE UN PROYECTO. *Ventana Científica* Vol. 7. Nº 11, Pág. 29 – 33.

[21] Reinaldo, S. C. (2004.). *Preparación y Evaluación de Proyectos.* México: Mc Granw- Hill.

[22] Córdoba, J. A. Salcedo B.E , Rodríguez R , Zamora J. F. , Manríquez B R, Contreras H , Robledo J , Delgado E (2013). *CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN QUÍMICA DEL OLOTE: DEGRADACIÓN HIDROTÉRMICA BAJO CONDICIONES.* *Rev. Latinoamerica. Quím.*

[23] *Centro de información de mercados agroindustriales (2019).Reporte del mercado del maíz 2019.*