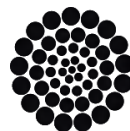
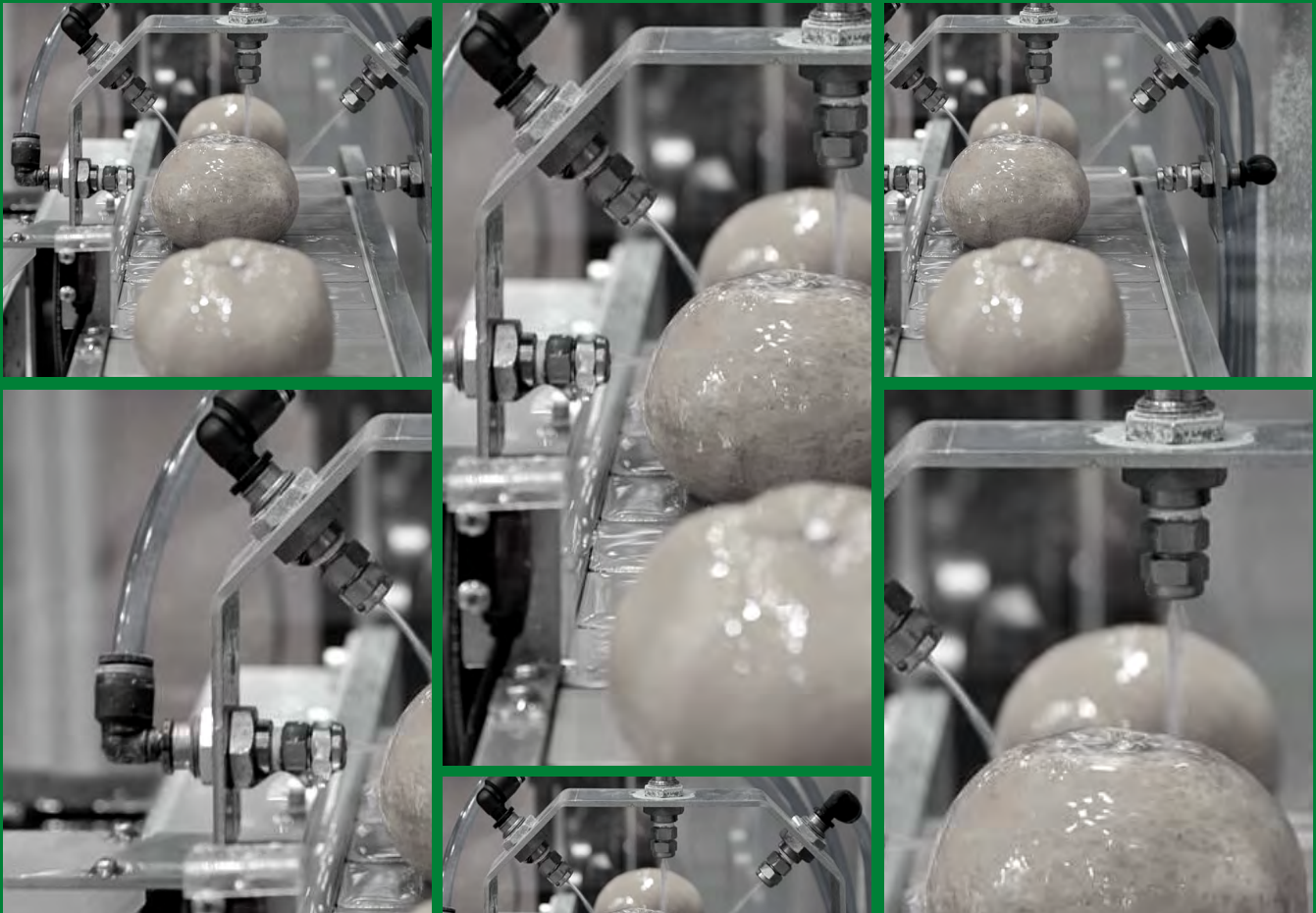


ISBN 978-607-8617-85-2

INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA I

COORDINADORES

ADOLFO RAMÍREZ ROMÁN
JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ
JOSÉ CARLOS PÉREZ MORA
JUAN JOSÉ MALDONADO GARCÍA
PABLO DE LA LLAVE MARCIAL



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Redes Temáticas



INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA 1

COORDINADORES

ADOLFO RAMÍREZ ROMÁN
JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ
JOSÉ CARLOS PÉREZ MORA
JUAN JOSÉ MALDONADO GARCÍA
PABLO DE LA LLAVE MARCIAL

AUTORES

ABRAHAM CASTILLO GONZÁLEZ, ADAHI CONTRERAS FLORES, ADALID GRACIANO OBESO, ADOLFO RAMÍREZ ROMÁN, AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, ALFREDO ALBERTO GONZALEZ REYES, ÁNGEL SUÁREZ ÁLVAREZ, BRISA BERENICE VILLEGAS MALAGÓN, CARLOS DARÍO CRIOLLO CERECERO, CÉSAR IVÁN VELÁZQUEZ CERECERES, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, GRACE ERANDY BÁEZ HERNÁNDEZ, GREGORIO POLLORENA LÓPEZ, HAYDEE NANCY ALVARADO ROMERO, IRMA ALEJANDRA CORONA SALINAS, JACEL ADAME GARCÍA, JARET ABIGAIL LÓPEZ RODRÍGUEZ, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ, JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS, JOSE CARLOS GOMEZ QUEVEDO, JOSÉ CARLOS PÉREZ MORA, JUAN JOSÉ MALDONADO GARCÍA, LUIS ALBERTO MONTES GUTIÉRREZ, LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, LUIS DE JESÚS MONTERO GARCÍA, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ, MARÍA ISABEL CALDERÓN CRUZ, MARTÍN MÁRQUEZ ESPINOZA, MIRIAM JIMÉNEZ CELIS, MIRNA DE JESÚS OJEDA ARANA, MIRNA PONS JIMENES, OLGA YANETH CHANG ESPINOSA, OSCAR TORRES MONFIL, PABLO DE LA LLAVE MARCIAL, SALVADOR PAREDES RINCÓN, SAUL GARCES MEJIA, VICENTE FLORES LARA, VÍCTOR VELÁZQUEZ MENDOZA, VIRIDIANA HUMARÁN SARMIENTO, YESENIA NETZAHUAL ACOLTZI

EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2020



EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.
COLONIA TABACALERA
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

ISBN: 978-607-8617-85-2



9 786078 617852

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(607-8617)
Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 200
Presentación en medio electrónico digital: Cd-Rom formato PDF 9.3 MB
Fecha de aparición 26/11/2020
ISBN 978-607-8617-85-2



RED IBEROAMERICANA
DE ACADEMIAS DE
INVESTIGACIÓN A.C.

SELLO EDITORIAL
INDAUTOR/ISBN
607-8617

Dublín 34
Fracc. Monte Magno
Xalapa, Ver.
C.P. 91193

CERTIFICACIÓN EDITORIAL DEL LIBRO ELECTRÓNICO **INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA 1** (ISBN 978-607-8617-85-2)

La Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. con el sello editorial N° 607-8617 otorgado por la agencia mexicana de ISBN, hace constar que el libro electrónico **INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA 1** con ISBN 978-607-8617-85-2; es publicado por nuestro sello con fecha del 26 de noviembre de 2020 cumpliendo con todos los requisitos de calidad científica y normalización que exige nuestra política editorial.

Innovación en biotecnología 1 fue arbitrado bajo el sistema de administración y publicación de libros electrónicos OJS versión 3.2.0.3. del Public Knowled Project cuyo desarrollo promueve las tecnologías para el uso de la investigación académica. El proceso de arbitraje constó de dos etapas.

La primera revisión fue realizada por parte de la Secretaría Técnica de la REDIBAI. AC, en conjunto con el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, quien verificó que la propuesta cumpliera con los requisitos básicos establecidos: enfoque temático, extensión, apego a las normas de citación, estructura, formato, entre otros. Posteriormente el trabajo pasó a una primera lectura a cargo del Editor en Jefe que forma parte del Comité Editorial del sello editorial, quien determinó la pertinencia de la propuesta y decidió que cumplía con los requisitos de calidad académica. Esta fase se desarrolló en un tiempo de 15 días.

En la segunda etapa el trabajo se sometió al proceso de evaluación de pares académicos a través del procedimiento doble ciego, a cargo de árbitros anónimos especialistas en el tema pertenecientes a instituciones educativas a nivel nacional e internacional, lo que busca garantizar la calidad de las revisiones. Ningún veredicto de los dictaminadores fue contradictorio, por lo que no se recurrió a un tercer árbitro para tomar la decisión final de publicarlo, el resultado de este esfuerzo académico y científico fue aprobado. Este proceso comprendió de dos meses.

El proceso de evaluación de las dos etapas se desarrolló en un tiempo promedio de 2 meses y medio, iniciado desde el momento de su recepción el 15 de agosto de 2020, hasta la terminación del arbitraje el 01 de noviembre de 2020 y se publicó el 26 de noviembre de 2020 tomando en cuenta los criterios de originalidad, pertinencia, relevancia de los hallazgos, manejo de la teoría especializada, rigor metodológico, congruencia, claridad argumentativa y calidad de la redacción.



RED IBEROAMERICANA
DE ACADEMIAS DE
INVESTIGACIÓN A.C.

SELLO EDITORIAL
INDAUTOR/ISBN
607-8617

Dublín 34
Fracc. Monte Magno
Xalapa, Ver.
C.P. 91193

El cuerpo de arbitraje estuvo integrado por los cuerpos académicos pertenecientes al comité científico de la REDIBAI MyD y al comité científico del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

Todos los soportes concernientes a los procesos editoriales y de evaluación reposan en Editorial REDIBAI, las cuales ponemos a disposición de la comunidad académica interna y externa en el momento que se requiera.

Atentamente

Xalapa Enríquez, Veracruz, a 26 de noviembre de 2020

MTRO. DANIEL ARMANDO OLIVERA GÓMEZ

Editor

Secretario Ejecutivo de la REDIBAI A.C.



INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA 1

COORDINADORES

ADOLFO RAMÍREZ ROMÁN
JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ
JOSÉ CARLOS PÉREZ MORA
JUAN JOSÉ MALDONADO GARCÍA
PABLO DE LA LLAVE MARCIAL



INDICE

NITRÓGENO Y PROTEÍNA EN MAÍZ (*Zea mays* L.) INOCULADO CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN MACROTÚNEL

JARET ABIGAIL LÓPEZ RODRÍGUEZ, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS, JACEL ADAME GARCÍA, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS

1

ESTUDIO DE BIOMASA SÓLIDA DE DESECHO PARA GENERACIÓN DE VAPOR A MICRO ESCALA

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ, VICENTE FLORES LARA

13

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE UNA MICROTURBINA DE ADHESIÓN ALIMENTADA CON VAPOR GENERADO CON BIOMASA DE DESECHO

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, VICENTE FLORES LARA, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ

31

ELABORACIÓN DE HUERTOS PRODUCTIVOS DE PLANTAS MEDICINALES CON FAMILIAS DE LAS COMUNIDADES MIXTECAS COMO ESTRATEGIA PARA CONTRIBUIR A LA ECONOMÍA FAMILIAR Y LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

PABLO DE LA LLAVE MARCIAL, HAYDEE NANCY ALVARADO ROMERO, MARTÍN MÁRQUEZ ESPINOZA

49

MEJORA DE LA CALIDAD DE UN FRUTERO FABRICADO DE MADERA DE PINO DE REUTILIZACIÓN

JUAN JOSÉ MALDONADO GARCÍA, JOSÉ CARLOS PÉREZ MORA, BRISA BERENICE VILLEGAS MALAGÓN

63

DESINFECCIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE EL EMPLEO DE LUZ UVC

LUIS DE JESÚS MONTERO GARCÍA, ABRAHAM CASTILLO GONZÁLEZ, OLGA YANETH CHANG ESPINOSA, OSCAR TORRES

MONFIL

75

SISTEMA DE FLUJO CONTINUO EN UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA.

ADAHI CONTRERAS FLORES, ALFREDO ALBERTO GONZALEZ REYES, SAUL GARCES MEJIA

85

DISEÑO DE TOBERA PARA UNA TURBINA DE DISCOS ALIMENTADA CON VAPOR GENERADO CON BIOMASA

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, YESENIA NETZAHUAL ACOLTZI, VICENTE FLORES LARA

95

SISTEMA DE PRODUCCIÓN BIORRACIONAL DE HORTALIZAS EN MACROTÚNEL COMO ALTERNATIVA INNOVADORA

FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, CARLOS DARÍO CRIOLLO CERECERO, JACEL ADAME GARCÍA, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS

113

GENIFIX: BIOFERTILIZANTE A BASE DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

VICTOR VELÁZQUEZ MENDOZA, JACEL ADAME GARCÍA, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ,

FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS

123

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DEL SISTEMA CAÑERO DEL MUNICIPIO ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ.

LUIS ALBERTO MONTES GUTIÉRREZ, SALVADOR PAREDES RINCÓN, MIRIAM JIMÉNEZ CELIS

135

INDICE

EVALUACIÓN DE PROCESOS EN LA SIEMBRA DE TRASPATIO DE HORTALIZAS

MIRNA DE JESÚS OJEDA ARANA

147

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y VARIABLES AGRONÓMICAS DE CUATRO HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ PARA GRANO EN EL ESTADO DE SINALOA

ADALID GRACIANO OBESO, AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, GREGORIO POLLORENA LÓPEZ

157

ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA DETERMINAR EL EFECTO DE NIVELES DE VERMICOMPOSTA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE SANDÍA (CITRULLUS LANATUS)

ADALID GRACIANO OBESO, CÉSAR IVÁN VELÁZQUEZ CERECERES, GREGORIO POLLORENA LÓPEZ

171

ANÁLISIS DE CONDICIONES ERGONÓMICAS DE DOS MÉTODOS DE SIEMBRA DE MAÍZ Y SU EFECTO EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

GRACE ERANDY BÁEZ HERNÁNDEZ, ADALID GRACIANO OBESO, VIRIDIANA HUMARÁN SARMIENTO

189

CONTEXTO PRODUCTIVO DE TOSTADO Y MOLIDO DE CAFÉ DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ADOLFO RAMÍREZ ROMÁN, ÁNGEL SUÁREZ ÁLVAREZ, LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

199

ESTUDIO DE LA FORMACIÓN Y PREVENCIÓN DE INCRUSTACIONES MINERALES DE BaSO_4 Y SrSO_4 EN CONDICIONES REPRESENTATIVAS DE INCOMPATIBILIDAD QUE SE PRESENTA EN CAMPOS PETROLEROS

MARÍA ISABEL CALDERÓN CRUZ, MIRNA PONS JIMENES, JOSE CARLOS GOMEZ QUEVEDO, IRMA ALEJANDRA CORONA

SALINAS

213

NITRÓGENO Y PROTEÍNA EN MAÍZ (*Zea mays* L.) INOCULADO CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN MACROTÚNEL

JARET ABIGAIL LÓPEZ RODRÍGUEZ¹, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS², JACEL ADAME GARCÍA³,
FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS.⁴

RESUMEN

Se determinó la capacidad de bacterias fijadoras de nitrógeno en la aportación de nitrógeno y proteína en plantas de maíz híbrido A7573. El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz. Las plantas se mantuvieron en condiciones protegidas en un macrotúnel de 3x30m y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Agua, Suelo y Planta. Se evaluaron cinco cepas bacterianas del género *Bacillus* (FDMC4, JAG3, VVM1, EAV2 y JAFV6) en dos sustratos (1) 50% composta de caña de azúcar y 50% sustrato PRO MIX y 2) 100% composta de caña de azúcar. Obteniéndose 10 tratamientos con cuatro repeticiones. Se utilizaron dos testigos, uno con medio sin bacteria y otro sin medio y sin bacteria. Los resultados fueron transformados $\sqrt{+0.5}$ para normalizarlos ya que estos fueron porcentajes. Se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey $\alpha=0.05$ para comparar los distintos tratamientos. Se registraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indicó una mayor aportación de nitrógeno y proteína en plantas inoculadas con bacterias, siendo la bacteria EAV2 la que proporcionó mayor aportación de nitrógeno aumentando los niveles de proteína. El sustrato con un 100% de composta de caña de azúcar resultó mejor en combinación con las bacterias.

Palabras clave: *Biofertilizante, Bacillus, nutrición*

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. gail_rguez17@outlook.com

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jose.fv@ugalvan.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

ABSTRACT

The ability of nitrogen fixing bacteria to supply nitrogen and protein was determined in A7573 hybrid maize plants. The work was carried out at the Úrsulo Galván Technological Institute, Veracruz. The plants were kept under protected conditions in a 3x30m macrotunnel and the analyzes were carried out in the Water, Soil and Plant Laboratory. Five bacterial strains of the Bacillus genus (FDMC4, JAG3, VVM1, EAV2 and JAFV6) were evaluated on two substrates (1) 50% sugarcane compost and 50% PRO MIX substrate and 2) 100% sugarcane compost. Obtaining 10 treatments with four repetitions. Two controls were used, one with medium without bacteria and the other without medium and without bacteria. The results were transformed $\sqrt{x + 0.5}$ to normalize them since these were percentages. An ANOVA and a Tukey $\alpha = 0.05$ test were performed to compare the different treatments. Significant differences were recorded between the treatments, which indicated a greater contribution of nitrogen and protein in plants inoculated with bacteria, being the EAV2 bacteria the one that provided the greatest contribution of nitrogen, increasing protein levels. The 100% sugarcane compost substrate was better in combination with bacteria.

Keywords: Biofertilizer, Bacillus, nutrition

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más significativo en México debido a las extensas superficies sembradas con las que cuenta, posee valor de la producción y la ocupación que equivale al 20% de la población económicamente activa (SIAP, 2010), es la planta más domesticada y evolucionada que se puede encontrar en el reino vegetal (Deras, 2014).

El maíz juega un papel muy importante en la producción de alimentos con características funcionales y neutracéuticas debido a que posee un alto contenido de compuestos antioxidantes (Adom & Liu, 2002; Jing et al., 2007; Del Pozo-Insfran et. al., 2006; López-Martínez et. al., 2009). Sus componentes más abundantes son el almidón y después las proteínas cuyo contenido oscila generalmente entre 6 y 12% de su peso seco (Watson, 2003). Estas proteínas son biomoléculas formadas

por C, H, O y N; pueden contener azufre (S) y según el tipo de proteína hasta fósforo (P), hierro (Fe), magnesio (Mg) y cobre (Cu) entre otros elementos (Guillén, 2009). Poseen propiedades nutricionales y funcionales tanto del propio alimento como del consumidor, ayudando a conservar la estructura, el crecimiento y su desarrollo (Badui, 2006).

Algo muy importante que poseen estas macromoléculas (proteínas) es que contienen nitrógeno (N), el cual abunda en la atmósfera en forma de N_2 , pero el organismo del ser humano es incapaz de aprovecharlo en el estado en que se encuentra y la única manera de poder hacerlo, es por medio de la ingesta (alimentos) como parte de una fuente orgánica ya sea por un tejido vegetal, animal, levadura (Mendoza & Calvo, 2010).

El uso de biofertilizantes a base de bacterias, ayudan a la fijación de nitrógeno y a la solubilización de otros nutrimentos como el fósforo y potasio hacia las plantas (Carcaño-Montiel et. al., 2006), aunado a ello, la concientización sobre el cuidado del medio ambiente y la evidencia del deterioro ambiental que causan los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como buena alternativa la aplicación de estos biofertilizantes, incrementando la agricultura orgánica (Bojórquez et. al., 2010).

La fijación biológica del nitrógeno (BNF) es realizada por ciertos organismos que pueden aprovechar directamente el nitrógeno del aire, formando nódulos, los cuales son estructuras radiculares originadas de la simbiosis entre la planta y la bacteria. Estas bacterias forman parte de la denominada rizósfera, que es una zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo (Taiz & Zeiger, 2006).

Lo anterior reside en la transformación del nitrógeno atmosférico a formas que sean metabolizables, es decir, que puedan ser incorporadas por los seres vivos específicamente por plantas y hongos. Dichas formas son el ion amonio (NH_4^+) o los iones nitrito (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-). Otras sustancias como el dióxido de nitrógeno (NO_2) que reaccionan fácilmente originando algunas de las anteriores (García, 2011).

Se sabe que la diversidad y la abundancia de microorganismos fijadores de nitrógeno son mayores donde hay cubierta vegetal todo el año (en particular las plantas de la familia de las gramíneas), en comparación con los suelos desnudos o que han tenido barbechos (Jones, 2013).

Las bacterias diazotróficas desempeñan un papel fundamental en la fijación biológica de nitrógeno (FBN), constituyendo el mayor aporte biológico del elemento a la biosfera y una fuente esencial para el desarrollo de ecosistemas agrícolas sostenibles (Pedraza et. al., 2010), ya que el nitrógeno es un nutriente primordial para los seres vivos, es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Herrera & Ramírez, 2015).

La aplicación de biofertilizantes es un gran potencial debido a que la producción tradicional, es a base de fertilización química, cuya inversión es alrededor del 30% de los costos de producción (SAGARPA, 2010); los biofertilizantes, a partir de bacterias fijadoras de nitrógeno, ayudan a aumentar la rentabilidad de la producción del maíz además promoviendo un equilibrio en el ecosistema y manteniendo o aumentando su valor nutrimental.

Este trabajo evaluó el efecto de diferentes bacterias fijadoras de nitrógeno en plantas de maíz sembradas en un macrotúnel (condiciones controladas) y se analizó en laboratorio mediante el método de micro Kjeldahl el porcentaje de nitrógeno y proteína en plantas de maíz en sus diferentes etapas fenológicas.

DESARROLLO

El trabajo de investigación se realizó dentro de las instalaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG), ubicado en las coordenadas de 19°24'43.13" Norte y 96°21'32.61" Oeste, en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México; donde se situó un macrotúnel de 3 x 30 m (Figura 1) en el cual se sembraron 60 plantas de maíz híbrido A7573 inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno y como testigos plantas sin inóculo bacteriano.

Figura 1. Plantas de maíz híbrido A7573.



Se establecieron dos tratamientos aplicados a sesenta plantas de maíz con cuatro repeticiones. El tratamiento uno (T1) consistió en 50% de composta de caña de azúcar y 50% de sustrato ProMix; mientras que el tratamiento dos (T2) en un 100% de composta de caña de azúcar (Figura 2). Las 20 plantas de maíz restantes fueron utilizadas como testigos sin bacterias; diez plantas con medio (MSB) y diez plantas sin medio (SM).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en plantas de maíz.

<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T1R1	<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T2R1	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T1R1	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T2R1	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T1R1	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T2R1	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T1R1	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T2R1	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T1R1	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T2R1
<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T1R2	<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T2R2	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T1R2	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T2R2	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T1R2	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T2R2	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T1R2	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T2R2	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T1R2	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T2R2
<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T1R3	<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T2R3	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T1R3	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T2R3	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T1R3	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T2R3	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T1R3	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T2R3	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T1R3	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T2R3
<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T1R4	<i>Bacillus</i> sp.VVM 1 T2R4	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T1R4	<i>Bacillus</i> sp.EAV 2 T2R4	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T1R4	<i>Bacillus</i> sp.JAG 3 T2R4	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T1R4	<i>Bacillus</i> sp.FDMC 4 T2R4	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T1R4	<i>Bacillus</i> sp.JAFV 5 T2R4
TEST 1 MSB	TEST 2 MSB	TEST 3 MSB	TEST 4 MSB	TEST 5 MSB	TEST 6 MSB	TEST 7 MSB	TEST 8 MSB	TEST 9 MSB	TEST 10 MSB
TEST 1 SM	TEST 2 SM	TEST 3 SM	TEST 4 SM	TEST 5 SM	TEST 6 SM	TEST 7 SM	TEST 8 SM	TEST 9 SM	TEST 10 SM

Se recolectaron hojas en distintas alturas de planta de maíz, en dos etapas fenológicas (floración a los 50 días y maduración a los 90 días) determinando en laboratorio los análisis de humedad, porcentaje de nitrógeno y proteínas mediante el método de micro Kjeldahl.

Para la determinación de humedad en hojas y tallos de la planta de maíz, se utilizó el método por termobalanza (Velab® VE-5C-5), para el análisis se cortaron las hojas y tallos de la planta de maíz en fragmentos de 1 cm aproximadamente a diferentes ubicaciones del tejido (punta, intermedio y final). Se mantuvieron los tejidos en la termobalanza durante 15-25 min, dependiendo de los gramos que fueron colocados y de la cantidad de humedad que poseían. El equipo se detuvo indicando que el peso de la muestra seca se encontraba un peso constante.

Para cuantificar el nitrógeno y proteína se utilizó el método de micro-Kjeldahl (García y Fernández, 2012) en el digestor LABCONCO® de seis parrillas con termostato, así como el destilador de la misma marca aprobado por el Codex alimentarius para determinar las proteínas. El método constó de tres etapas: digestión, destilación y titulación o valoración.

Para la digestión se pesaron 0.15 g de las muestras secadas en la termobalanza. Se agregó la muestra pesada en un matraz de digestión y se añadió 1.0 g de catalizador de proteína, se realizó triplicado.

Dentro de una campana de extracción de gases se añadieron 2.5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Las muestras se colocaron en las parrillas de calentamiento lentamente hasta alcanzar su ebullición y dejar de emitir valores (90 min. aproximadamente). Se dejó enfriar durante 5-10 min y se añadieron 7 mL de agua destilada a la muestra digerida y se dejó enfriar completamente.

Para el proceso de destilación se añadió la muestra a la cámara, se agregaron lentamente 10 mL o más de solución de NaOH 30 % en la cámara de ebullición, hasta que la muestra cambiara de color azul-verde a café oscuro). Previamente se colocó un frasco Erlenmeyer con 10 ml de ácido bórico y 3 gotas de indicador bajo la salida de destilación. Se colectaron 30 mL del destilado.

Las muestras recolectadas en la unidad destiladora se titularon utilizando HCl al 0.1N, dando un vire de color de azul claro o ligeramente lila a palo de rosa claro (naranja a rosa muy claro). Se realizaron los cálculos correspondientes al porcentaje de nitrógeno y posteriormente este valor se utilizó para calcular el porcentaje de proteína.

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el software InfoStat versión 2013 varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey $\alpha= 0.05$ para comparar los distintos tratamientos (Di Rienzo et. al., 2013).

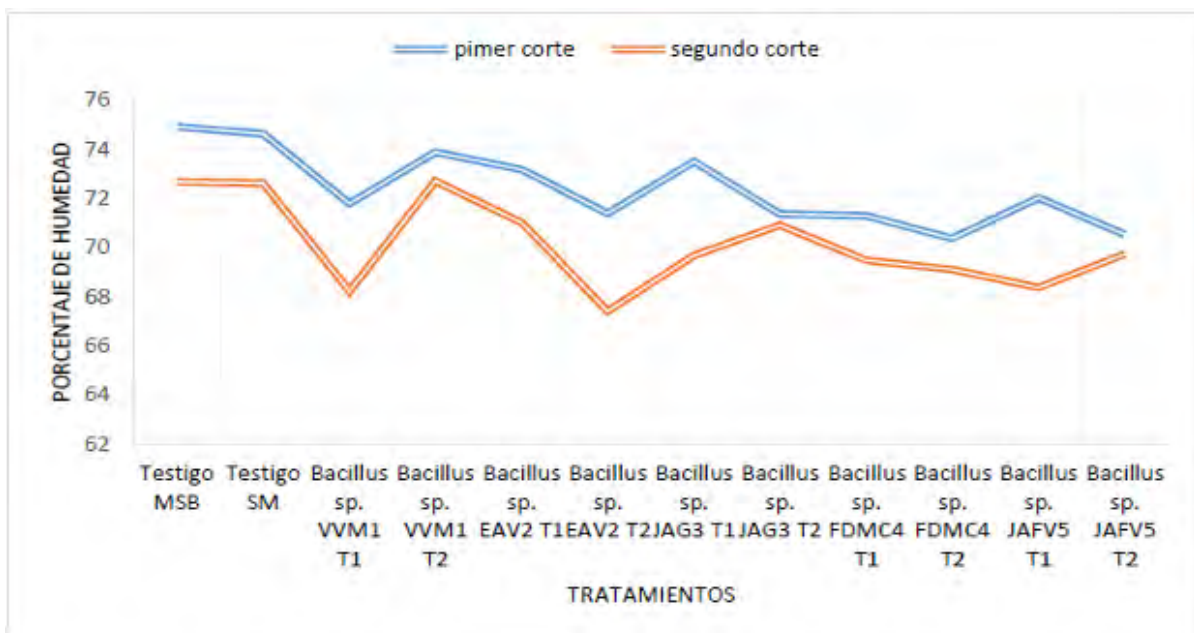
Los datos que se obtuvieron de la cuantificación de nitrógeno y proteína fueron transformados a $\sqrt{+ 0.5}$ para normalizar los resultados, ya que fueron obtenidos de manera porcentual.

RESULTADOS

De acuerdo con el procedimiento metodológico en la cuantificación de humedad presente en la planta de maíz durante dos etapas fenológicas, se observó que existe mayor concentración de humedad en los tejidos de maíz en el primer corte correspondiente a la etapa de floración, a diferencia del segundo corte (etapa de maduración), como era de esperarse. El primer corte se realizó en la primera semana de noviembre 2019 con valores de humedad entre 65 a75%, mientras que el segundo corte se realizó a los 25 días después con resultados entre 67-73% (Figura 2).

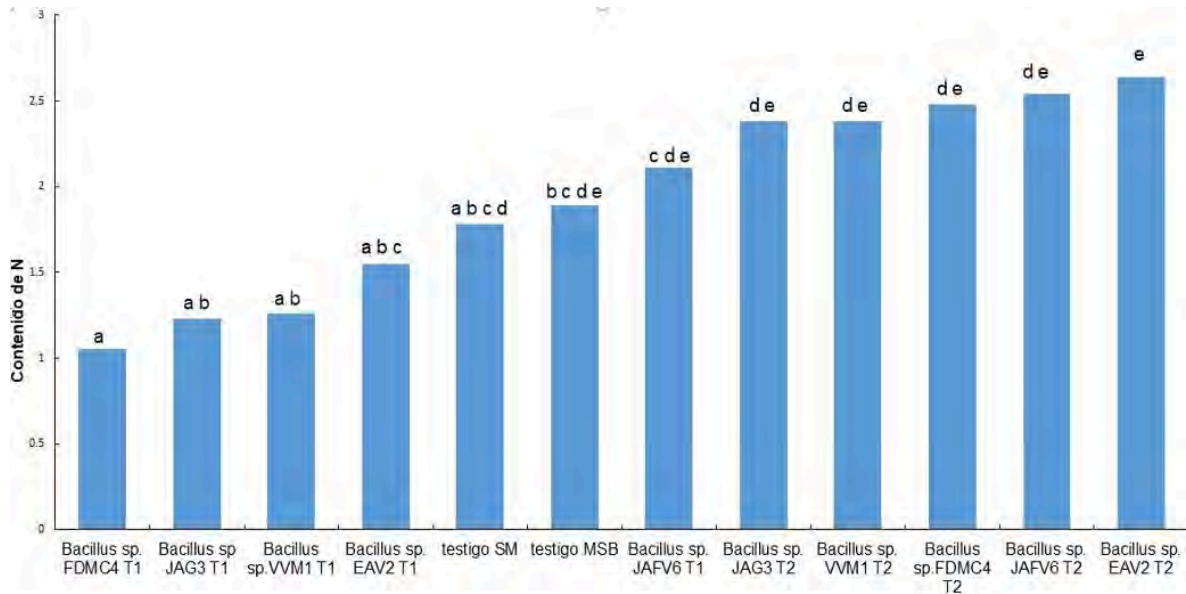
El porcentaje de humedad en la planta de maíz depende de la etapa de crecimiento en la que se encuentre la planta, cantidad de riego y a la temperatura ambiental.

Figura 2. Porcentaje de humedad en diferentes etapas



En la Figura 3 se observan los resultados globales en las dos etapas fenológicas de la planta de maíz (floración y maduración) obtenidos por medio de un análisis de varianza registrándose diferencias significativas en el contenido de nitrógeno ($F_{11,107}=10.56$, $p=0.0001$). Sobresaliendo *Bacillus* sp. EAV2 T2 en comparación con las primeras cuatro bacterias del T1 y al testigo SM.

Figura 3. Contenido de nitrógeno en los tratamientos evaluados. Letras distintas significan diferencias estadísticas significativas (Tukey $\alpha= 0.05$).



En la Figura 4 los resultados globales de las dos etapas fenológicas en la planta de maíz (floración y maduración) obtenidos mediante un análisis de varianza obteniéndose diferencias significativas en el contenido de proteína ($F_{11,107}=10.56$, $p=0.0001$). Destacando el *Bacillus* sp. EAV2 T2 en comparación con las primeras cuatro bacterias del T1 y al testigo.

Figura 4. Porcentaje de proteínas en los tratamientos evaluados. Letras distintas significan diferencias estadísticas significativas (prueba de Tukey $\alpha= 0.05$).



En la mayoría de las plantas hay una cantidad importante de proteína en la etapa de floración. Cabe destacar que algunas plantas que fueron suministradas con el tratamiento dos (100% composta de caña de azúcar) obtuvieron más proteína que en la etapa de maduración en comparación con la etapa de floración.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados generados podemos encontrar que sí hubo una fijación de nitrógeno atmosférico en las plantas por lo que se presentó un incremento en el porcentaje de proteína. Siendo la bacteria *Bacillus* sp. EAV2 la mejor en lo que respecta a la fijación de nitrógeno a la planta, aumentando los niveles de proteína. Cabe destacar que las plantas inoculadas y abonadas con un 100% de composta de caña de azúcar correspondiente al T2 fijaron mejor el nitrógeno que las del T1 las que se desarrollaron en 50% de composta de caña de azúcar y 50% de sustrato Pro Mix, por lo que el sustrato forma parte importante y que pueden evaluarse otros más.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(21), 6182-6187.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación.
- Bojórquez, A. D. A., Gutiérrez, C. G., Báez, J. R. C., Sánchez, M. Á. A., Montoya, L. G., & Pérez, E. N. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 51-56.
- Cantú-Almaguer, M. A., Reyes-Méndez, C. A., & Rodríguez del Bosque, L. A. (2010). La Fecha de Siembra: Una alternativa para Incrementar la Producción de Maíz. *Folleto Técnico*, (44).
- Carcaño-Montiel, M. G., Ferrera-Cerrato, R., Pérez-Moreno, J., Molina-Galán, J. D., & Bashan, Y. (2006). Actividad nitrogenasa, producción de fitohormonas, sideróforos y antibiosis en cepas de *Azospirillum* y *Klebsiella* aisladas de maíz y teocintle. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 493-502
- Del Pozo-Insfran, D., Brenes, C. H., Saldivar, S. O. S., & Talcott, S. T. (2006). Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays* L.) products. *Food Research International*, 39(6), 696-703.
- Deras, H. (2014). Guía técnica: El cultivo de maíz. Obtenido de http://www.observatorio.redsicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/el_salvador_gu_iatecnica_maiz_2014.pdf.
- Di Rienzo J.A.- Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C. W. *InfoStat* versión 2013.
- García Martínez, E. M., & Fernández Segovia, I. (2012). Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte.
- García Rodríguez, J. G., Cervantes Ortiz, F., Ramírez Pimentel, J. G., Aguirre Mancilla, C., Rodríguez Perez, G., Ochoa, F., & Mendoza Elos, M. (2017). Determinación de lisina, triptófano y proteína en germinados de maíz criollo y QPM. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 877-890.
- García, S. C. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. *Cuadernos del Tomás*, (3), 173-186.
- Guillén, M. V. L. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. Recuperado el 15 de junio del 2020 de la página de https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf
- Herrera, A. M. L. N. A., & Ramírez, J. M. B. Y. A. (2015). El Nitrógeno, Ciclo Biogeoquímico.

- Jing, P. U., Noriega, V., Schwartz, S. J., & Giusti, M. M. (2007). Effects of growing conditions on purple corn cob (*Zea mays* L.) anthocyanins. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8625-8629.
- Jones, C. H. R. I. S. T. I. N. E. (2013). Nitrógeno. La espada de doble filo. Recuperado el 15 de Junio del 2020 de la página de http://permacultivo.es/wp-content/uploads/2015/03/Nitr%C3%B3geno_-La-espada-de-doble-filo-2014.pdf
- López-Martínez, L. X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C. H., Parkin, K. L., & Garcia, H. S. (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content 47 of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1187- 11
- Mendoza Martínez, E., & Calvo Carrillo, M. D. L. C. (2010). Bromatología: composición y propiedades de los alimentos (No. 664.07 M539b).
- Pedraza, R. O., Teixeira, K. R., Scavino, A. F., de Salamone, I. G., Baca, B. E., Azcón, R., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155- 164.
- SAGARPA. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. www.siap.gob.mx/index (nov-2010).
- SIAP. 2010. Sistema de información agroalimentaria y pesquera (SIAP 1980-2008). México, D. F. En línea://www.siap.gob. Consultado el 9 de agosto de 2010
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. 10). Universitat Jaume I.
- Watson, S. A. (2003). Description, development, structure and composition of the corn kernel. *Corn: chemistry and technology*, 2, 69-106.
- Yato, G. A., & Orihuela, J. A. (2015). Uso de fuentes no convencionales de nitrógeno en la fertilización del maíz (*Zea mays* L.), en Cañete (Perú). I: rendimiento y extracción de N, PYK. *Ecología Aplicada*, 14(2), 157-162.

ESTUDIO DE BIOMASA SÓLIDA DE DESECHO PARA GENERACIÓN DE VAPOR A MICRO ESCALA

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ¹, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ², VICENTE FLORES LARA.³

RESUMEN

Una tendencia global en el ámbito de generación eléctrica es la diversificación de las fuentes que conforman la matriz energética. Por lo que alineado con esa tendencia se analiza la viabilidad de 3 tipos de biomasa sólida de desecho, como alternativa de combustible en la generación de vapor a escala reducida. La biomasa considerada corresponden a materia orgánica de desecho del olote (que se obtiene después de retirar el maíz), el mezote (que son las pencas secas del maguey), y pedacería de un conglomerado conocido como MDF (Medium-density fibreboard). Para el estudio se considera la configuración inicial en que se acomoda la biomasa para el proceso de combustión. El boiler usado corresponde a las dimensiones de un calentador doméstico, con 15 L de agua en su interior, el cual incrementa su temperatura por los gases de la combustión de la biomasa. Las pruebas realizadas determinan el poder calorífico de la biomasa usada, la temperatura alcanzada y el tiempo que se mantiene la combustión para cada tipo, arreglo inicial y cantidad de biomasa considerada. Finalmente los resultados muestran la viabilidad de este tipo de alternativa de combustible para generación a escala reducida.

Palabras clave: arreglo inicial de biomasa, biomasa sólida, generación de vapor, combustión.

ABSTRACT

The diversification of sources that compound the energetic matrix is a current global tendency for electric generation. In this sense, the present study analyses the viability of using 3 alternative biomass types as combustible for generating steam water. The considered biomass is obtained from residues of the agricultural and

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. jorge.bh@apizaco.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. mbedolla@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. f117u2@yahoo.com

industrial processes. The specific biomass considered corresponds to "olote", "mezote" and MDF (Medium-density fibreboard), where the "olote" results as a residue after removing the corn of the cob. The "mezote" is a residue of the "maguey" when it dries; and the residues of MDF are obtained of pieces of which dimensions are not enough to be used in the respective industry. The analysis in this study includes the initial arrangement of the biomass pieces for the combustion process. The burning of the biomass takes place in a boiler of small size, which dimensions are comparable with a domestic boiler for 15 L of water. The combustion of the biomass produces flames and gases of combustion that increment the temperature of the water container in the boiler up to obtain the steam. The carried out tests include the assessment of the calorific power of the biomass types, the reached temperature in the boiler, and the combustion time for each arrangement, quantity, and the respective biomass type analyzed. The results show the viability of using these types of biomass as combustible in the microgeneration process.

Keywords: initial arrangement of biomass, solid biomass, steam generation, combustion.

INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles fósiles presenta diversas desventajas para su aplicación de acuerdo a políticas ambientales actuales. Entre los factores adversos asociados a los combustibles de fuentes no renovables se consideran aspectos ambientales y económicos, razón por la cual se considerará muy importante explorar fuentes de energía sostenibles (Kumar et al., 2015). El principal medio de mitigación de la crisis de energía futura se basa en ampliar el uso de energías renovables y direccionarlas adecuadamente para lograr un desarrollo sostenible a nivel mundial (Bhuiyan y Naser, 2015). Una alternativa que constituye parte de las fuentes renovables lo constituye la biomasa, a la cual se le considera como una fuente de energía compleja que combina carbón, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno (Ravindranath y Hall, 1995). La biomasa en general se compone de (Lazaroiu et al., 2018): a) biomasa vegetal (que se deriva de residuos forestales y de residuos de agricultura) y b) biomasa animal (resultado de los diversos productos animales). La biomasa

disponible como fuente de energía en general es la fracción de productos y desperdicios de la agricultura, los bosques y de las industrias relacionadas con estos; además de la fracción biodegradable de los desechos municipales e industriales (Voicea et al., 2013).

La generación o transformación de otros tipos de energía a partir de fuentes de biomasa es una tecnología ancestral (Ayhan, 2011), pero que se ha mantenido a lo largo del tiempo y para la cual actualmente se enfocan esfuerzos para mejorar los procesos de generación relacionados con ésta y obtener su máximo beneficio (Zuberi et al., 13). La biomasa en su conjunto puede considerarse como la mayor fuente potencial disponible de energía verde para el futuro cercano, y la cual recientemente ha generado una cantidad considerable de enfoques e intereses para desplazar a los combustibles fósiles en los sistemas de producción de energía (Huang et al., 2013). Donde el objetivo más importante de la explotación eficiente de la biomasa vegetal en las áreas rurales es el desarrollo de proyectos sostenibles que integren cultivos energéticos en las actividades de agricultura (Daraban et al., 2015).

El beneficio de usar biomasa como combustible para pequeñas escalas de combustión o conversión termo-mecánica parece resultar aparente a la primera vista. Esto en el sentido de que la biomasa es una fuente de energía renovable que proporciona un combustible auxiliar que puede obtenerse localmente a costos reducidos (Ying, 2011). En ese mismo sentido, la aplicación de biomasa como combustible proporciona alternativas para cubrir los problemas de acceso y obtención de otros tipos de combustibles. Por lo que el diseño y operación de sistemas de combustión de biomasa dependen principalmente de varias características propias de la misma, como son su valor calentamiento, su humedad y su composición elemental (Friedl et al., 2005). Además de para establecer entre otros factores la densidad de energía de la biomasa y su condición prececedera (Monarca et al., 2011).

En cuanto a la aplicación de la biomasa para conversión de energía a micro o pequeña escala, esto todavía representa un reto para su desarrollo tecnológico (Bocci et al., 2014). Ya que explotar adecuadamente el potencial energético de la biomasa y al mismo tiempo que eso resulte en un bajo impacto ambiental, aún requiere del desarrollo de tecnologías para cubrir los rangos de diferentes escalas de generación, incluyendo la pequeña escala. Por lo que también el análisis del uso de ese combustible a pequeña escala ha empezado a recibir atención para considerar los diferentes tipos de biomasa disponibles, teniendo un particular interés la biomasa obtenida de residuos con bajo costo y bajo impacto ambiental (Bocci et al., 2013).

En función de lo anterior, en el presente trabajo se analiza la viabilidad del uso de 3 tipos de biomasa sólida de desecho, como alternativa de combustible en la generación de vapor a escala reducida. Para el estudio se considera además de las características de la biomasa en sí, la distribución inicial de ésta para su configuración espacial de acomodo en el proceso de combustión. Las pruebas incluyen la determinación del poder calorífico de la biomasa usada, la temperatura alcanzada y el tiempo en que se mantiene la combustión para cada tipo, arreglo inicial y cantidad de biomasa en estudio.

CARACTERÍSTICAS DE LA BIOMASA EN ESTUDIO

Diversos tipos de biomasa sólida son baratos y fáciles de conseguir, ya que dentro de ésta engloban las hojas, las ramas, los troncos y cortezas o residuos agrícolas que se desprenden de la vegetación. Considerar el uso de biomasa que se obtiene lista para su aplicación como combustible, representa ahorro en gastos de extracción y procesos de preparación, que en comparación con los combustibles fósiles hace ese combustible de mayor interés para los procesos a pequeña escala. Además, el uso de biomasa como combustible disminuye las emisiones de azufre, reduce contaminantes de CO, HC y NOX, y minimizando el peligro derivado de gases tóxicos por el proceso propio de combustión.

Por otra parte, la biomasa agrícola proporciona valor a un sector que no se toma en cuenta en el proceso productivo; donde desechos como el olote pueden ser una alternativa viable en la generación de energía térmica o eléctrica. En ese mismo sentido, el mezote puede también representar alternativas de biomasa sólida como combustible. Lo que da pauta a iniciar un ciclo socioeconómico que no se ha explorado del todo. Adicionalmente, los residuos de aglomerados que son desechados por la industria son otro aspecto a considerar en las alternativas de combustibles a partir de biomasa sólida. Estos tres tipos de biomasa representan una porción de lo que se cataloga como biomasa sólida; la cual no requiere de pretratamiento para su uso como combustible, mas por el contrario pueden sumarse a las alternativas para la generación de energía térmica a pequeña escala.

El residuo del desgranado del maíz (*Zea mays* L) se conoce como olote de maíz, el cual es un resto herbáceo de cultivo agrícola, con un tejido esponjoso y blanco que representa la médula donde se almacenan las reservas alimenticias del cereal. Está compuesto en base seca por celulosa (45 %), hemicelulosa (35 %) y lignina (15 %), de los cuales la hemicelulosa se compone mayormente por xilano de olote (28-35 % base seca), que es uno de los heteroxilanos complejos que contiene residuos de xilosa con enlaces β -1,4 (Robledo et al., 2012).

Otro tipo de biomasa de interés en este estudio es la penca seca del maguey se conoce como mezote; el cual describe una característica fibrosa parecida a la del triplay utilizado en el armado de muebles. La penca seca suele tener distintos tamaños dependiendo de la planta y se obtiene después que el maguey haya cumplido con su misión. Dentro de las cuales en muchos casos se encuentra el ser “raspado” para obtener agua miel, la cual posteriormente se fermenta para convertirse en pulque. Sin embargo, el mezote como tal ya no tiene un uso específico, por lo que su aplicación como combustible es una alternativa viable. Cuya aplicación como combustible se ha practicado de forma empírica desde antes de la llegada de los españoles a México.

El MDF son tableros formados por fibras lignocelulósicas aglomeradas con resinas sintéticas u otro adhesivo. Su densidad está comprendida entre 500 y 800 kg/m³.

La fibra, su principal componente, junto con el agregado de resinas sintéticas le otorgan propiedades mecánicas similares a las de la madera natural. El color, la textura, la maquinabilidad, la ausencia de nudos y la estabilidad dimensional de los tableros de MDF simulan las características de las buenas maderas. Sin embargo, por los cortes que se practican en los procesos industriales, se obtiene al final del proceso trozos de MDF que ya no tiene aplicación en la sustitución de madera para muebles. Pero dadas sus características el MDF representa también una alternativa de combustible similar a la madera.

Para el estudio de cualquier combustible, incluida la biomasa sólida, uno de los principales parámetros a considerar es su poder calorífico (PC). El cual es la cantidad de energía desprendida durante la reacción del combustible, referida a la unidad de masa del mismo. Tradicionalmente se cuenta con dos mediciones para el PC, que corresponden al poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI). La combustión de la biomasa transcurre con la liberación de energía en forma de calor y los productos principales resultantes, son el dióxido de carbono, agua (en forma de vapor a la salida del equipo de combustión) y las sales minerales contenidas en la biomasa empleada como combustible, además de relativamente pequeñas cantidades de óxido de nitrógeno y de azufre, así como monóxido de carbono, partículas de carbono y otros productos orgánicos (hidrocarburos) resultantes de la combustión incompleta de la biomasa, denominados genéricamente como “inquemados”. Por lo que contar con el PC de los combustibles a base de biomasa y reducir los inquemados son aspectos de interés para la viabilidad técnica del sustituto del combustible fósil.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se presentan los procedimientos con los materiales combustibles, desde la preparación para realizar pruebas con la bomba calorimétrica y determinar el PC, hasta los esquemas de combustión que permite reducir la cantidad de inquemados en el proceso.

METODOLOGÍA

Se propone una serie de 5 pruebas de cada combustible en la bomba calorimétrica para promediar los resultados obtenidos y así tener un valor estadístico de medición del PC para el MDF de 3mm tipo estándar, el olote de maíz amarillo, y el mezote. Una vez realizadas las pruebas con la bomba calorimétrica se realizan también una serie de pruebas en el generador de vapor para cada tipo de combustible que se analiza. Las pruebas en el generador de vapor tienen como objetivo estimar la presión y temperatura dentro de éste por una unidad de combustible, que consiste en un kilogramo de material. También para cada tipo de biomasa se realizan tres pruebas adicionales, la primera con 2 kg de combustible, la segunda con 2.5 kg y la última con 3 kg. Esto con el fin de estimar un valor eficiente en peso para estimar el mejor aprovechamiento del material combustible en la generación de calor y vapor.

MATERIALES

- Bomba calorimétrica MODELO PARR 1341EB BOMB CALORI PLAIN
- Báscula, Modelo 5 kg x 1 g, WH-B05.
- Alicates de corte con recubrimiento aislante.
- Ácido benzoico.
- Matraz de vidrio de 2 L.
- Vaso de precipitado de 300 ml
- Tanque de oxígeno
- 5 g. de MDF tipo estándar para prueba calorimétrica.
- 5 g. de olote de maíz amarillo para prueba calorimétrica.
- 5 g. de mezote para prueba calorimétrica.
- Lija para agua 1500
- 3 L de agua destilada
- Cronómetro digital
- 16 kg de olote de maíz amarillo
- 2 kg de mezote
- 10 kg de MDF de 3 mm tipo estándar

MEDICIÓN DEL PODER CALORÍFICO

Para la obtención del PC el proceso inicia al pesar el porta muestras y se agrega un gramo de ácido benzoico. La temperatura de la bomba calorimétrica se mantiene entre 18 °C y 25 °C. Se rodea el combustible con alambre fusible calibre 16 y se agrega 1 ml de agua destilada en el recipiente de combustión. Posteriormente se cierra herméticamente el recipiente con la muestra. Se agregan 2 L de agua destilada al recipiente interno de la bomba y se suministra oxígeno a la muestra hasta alcanzar una presión interna de 30 atmosferas. Se arma el sistema completo incluido el termómetro. Una vez que se estabiliza el sistema las lecturas de temperatura se toman cada 15 s. En la Figura 1 se muestra el montaje de la bomba calorimétrica para la pruebas de intención del PC.

Figura 1. Montaje de la bomba calorimétrica, donde: a) introducción del recipiente con la muestra combustible y b) Montaje de tapa y termómetro de la bomba calorimétrica



Fuente. Elaboración propia.

PRUEBAS DE COMBUSTIÓN CON OLOTE

Para las pruebas de combustión con el olote se llena el recipiente cilíndrico del generador de vapor a 15 L de agua al inicio de cada una de las pruebas, el llenado se realiza presión ambiente. La temperatura ambiente se establece en 20 °C, en caso de variar ese parámetro se especifica el ajuste como parte de los resultados. Se cuantifica la masa de los olotes para obtener paquetes de 200 g, los cuales se sujetan mediante alambre. Esta unión permite que la configuración de arreglo de los paquetes de olotes la interior del hogar de combustión puede ser horizontal o

vertical. Lo cual se relaciona con el esquema de combustión en cada caso. La cantidad de biomasa introducida al hogar es de 5 paquetes, lo que corresponde a 1 kg de combustible. Para facilitar la ignición se usan 50 ml de alcohol que permiten una rápida ignición. Las lecturas de presión y temperatura en el interior del recipiente cilíndrico del generador de vapor se realizan a intervalos de 3 minutos. Las pruebas con 1 kg de biomasa se realizan para configuración inicial de los olotes en posición horizontal y también se realizan pruebas para configuración en posición vertical del conjunto de olotes. Con lo que se aprecian los cambios en el comportamiento del combustible solo con cambiar su orientación inicial. Para las pruebas con 2 kg, 2.5 kg y 3 kg de combustible el procedimiento es análogo y solo se modifica la cantidad inicial de combustible en el hogar de combustión del generador de vapor.

PRUEBAS DE COMBUSTIÓN CON MEZOTE

Las pruebas con mezote se realizan de forma análoga a las que se practican con olote en cuanto a la cantidad de agua en el generador de vapor y los intervalos de medición. Salvo que para el caso con mezote los paquetes unidos son de 1 kg en estas pruebas. Otra diferencia es que el tipo de arreglo inicial en el hogar difiere de los olotes, esto por las dimensiones propias que tiene el mezote. En ese sentido solo se usa una configuración inicial que depende de la forma en que se unen los mezotes.

PRUEBAS DE COMBUSTIÓN CON MDF

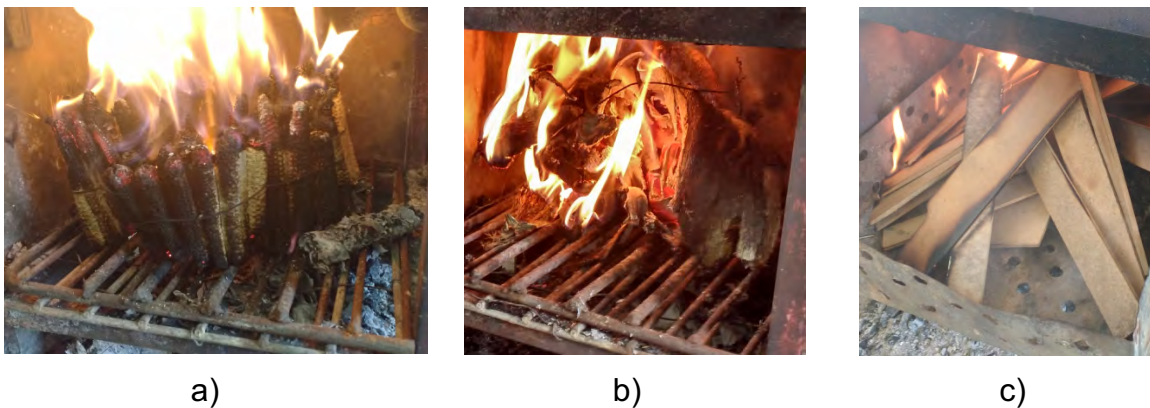
Las pruebas con el material combustible MDF de 3 mm de espesor, se realizan de forma análoga a las pruebas con los olotes. Se pesa un kilogramo de combustible que posteriormente se quemara en el hogar de combustión con los mismos procedimientos anteriores, mismos intervalos de tiempo, y misma cantidad de agua en el generador de vapor. Para el MDF también se usan diferentes esquemas iniciales de arreglos de configuración del combustible de biomasa sólida. Los arreglos iniciales para este combustible corresponden al acomodo inicial vertical y también a un arreglo piramidal inicial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función de las características de los materiales combustibles a partir de biomasa sólida y de las configuraciones iniciales de arreglo de la biomasa, el tiempo de combustión obtenido osciló entre 20 min y 40 min. En cada caso ese intervalo de tiempo se considera desde el instante que inicia la combustión hasta los valores de la temperatura y presión empiezan a disminuir.

En la Figura 2 se muestran imágenes representativas de los proceso de combustión de los 3 tipos de biomasa usada en las pruebas para una determinada configuración. Donde como se indicó previamente, para el olote se modifica la posición entre horizontal y vertical en el arreglo inicial, para el mezote la configuración es principalmente vertical pero ésta es función de la geometría del mezote, y para el MDF las configuraciones del arreglo inicial son vertical y piramidal.

Figura 2. Esquemas representativos de las pruebas de combustión para: a) olotes en posición vertical, b) mezotes, y c) MDF en arreglo piramidal.

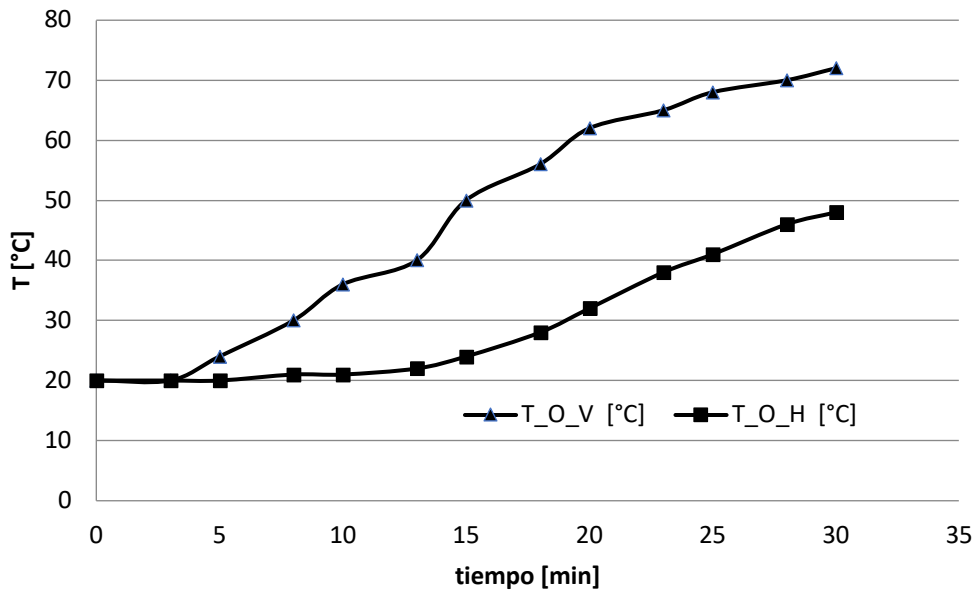


Fuente. Elaboración propia.

RESULTADOS CON OLOTE

En la Figura 3 se presenta la comparación de temperatura en función de tiempos de combustión, para las configuraciones vertical y horizontal para 1 kg de olote. Donde T_O_V corresponde a la curva de temperatura del arreglo de olotes en posición vertical, y T_O_H corresponde a la temperatura del arreglo de olotes en posición horizontal.

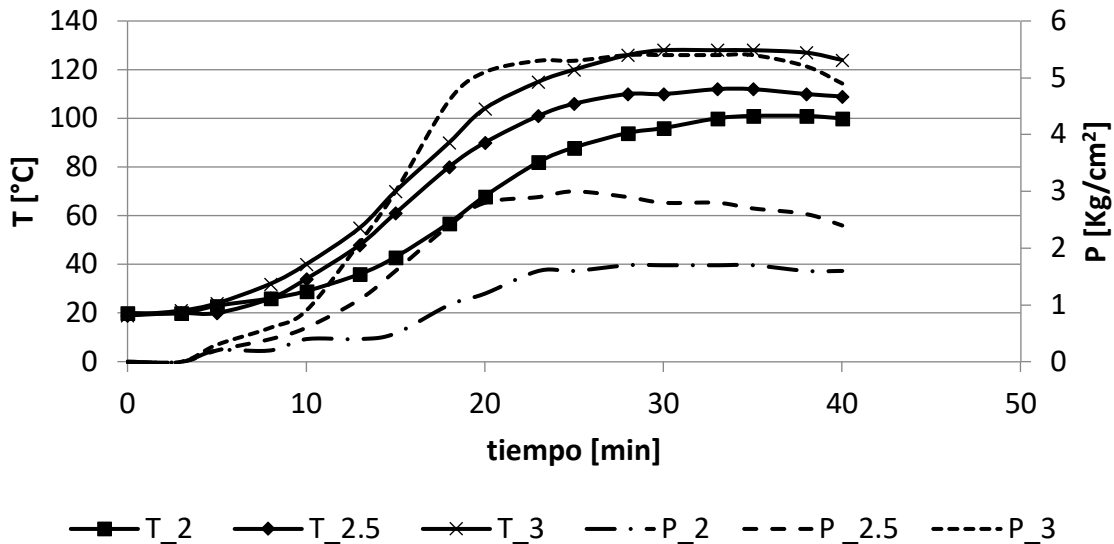
Figura 3. Temperatura para los arreglos de olote en posición vertical y horizontal.



Fuente. Elaboración propia.

A partir de los resultados de la Figura 3, se observa que se obtiene mayor temperatura en el recipiente contenedor de agua del generador de, con solo modificar la orientación de los olotes en el hogar de combustión en la configuración inicial de la biomasa. Se aprecia que la diferencia es de alrededor del 100 % del incremento alcanzado en la temperatura máxima de cada uno de los arreglos iniciales analizados. Esto se atribuye a que en posición vertical se tiene un mejor flujo de aire de abajo hacia arriba en el conjunto de olotes, por lo que la oxigenación del arreglo es mejor y se alcanza mayor temperatura. En función de esos resultados, las pruebas para 2 kg, 2.5 kg y 3 kg de olotes se realizan para arreglos solo con la configuración inicial con orientación vertical. Las curvas de los resultados para las pruebas de 2 kg, 2.5 kg y 3 kg se muestran en la Figura 4, donde T_2, T_2.5 y T_3 corresponde a la temperatura en °C para las cantidades de 2 kg, 2.5 kg y 3 kg de biomasa sólida de combustible, respectivamente. De forma análoga, las curvas designadas como P_2, P_2.5 y P_3 representan la presión en Kg/cm² para 2 kg, 2.5 kg y 3 kg de biomasa para la combustión.

Figura 4. Temperatura y presión en función del tiempo de combustión para los arreglos de olote vertical de 2 kg, 2.5 kg y 3 kg de biomasa sólida.



Fuente. Elaboración propia.

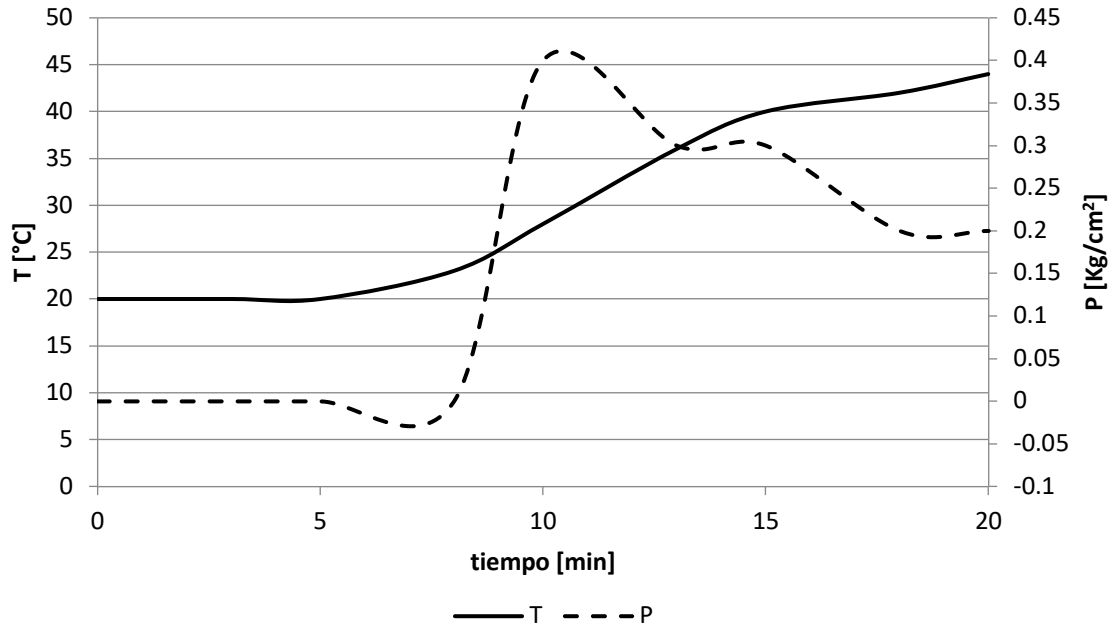
De la Figura 4 se obtiene que el incremento de temperatura máxima entre 1 kg y 2 kg de biomasa sólida como combustible es del 30 %, mientras que entre 2 kg y 3 kg la diferencia de temperatura es aproximadamente 22 %. Lo cual implica que conforme aumenta la cantidad de combustible de biomasa del tipo olote, el incremento de temperatura se va reduciendo, pero por otro lado presión obtenida a los 40 minutos de prueba entre 2 kg y 3 kg muestra una diferencia de alrededor de 300 %. Lo cual se relaciona con la cantidad de energía térmica almacenada en el combustible, y cuya tasa de transferencia al agua se incrementa en función de la presión máxima en el mismo intervalo de tiempo.

RESULTADOS DE COMBUSTIÓN CON MEZOTE

La Figura 5 muestra los cambios de presión y temperatura en función del tiempo para la combustión de 1 kg de biomasa tipo mezote. Se observa que para todo el ciclo de prueba la temperatura máxima alcanzada es inferior a las obtenidas para las curvas de los olotes de la Figura 3. De forma similar la presión que se obtiene al interior del cilindro del generador de vapor se encuentra considerablemente por debajo de la alcanzada con la combustión de los olotes. Adicional a esto, durante la prueba no se alcanzó un condición de combustión cualitativa similar a la del olote. Por lo que, tanto en función de la presión y temperatura alcanzadas, como de la

característica de la combustión observada se concluye que este material presenta condiciones inferiores a la del olote para su aplicación como combustible. Como consecuencia se detienen las pruebas con el mismo ya que se verifica que el olote es una mejor opción como combustible alternativo.

Figura 5. Temperatura y presión en función del tiempo para combustión de mezote.

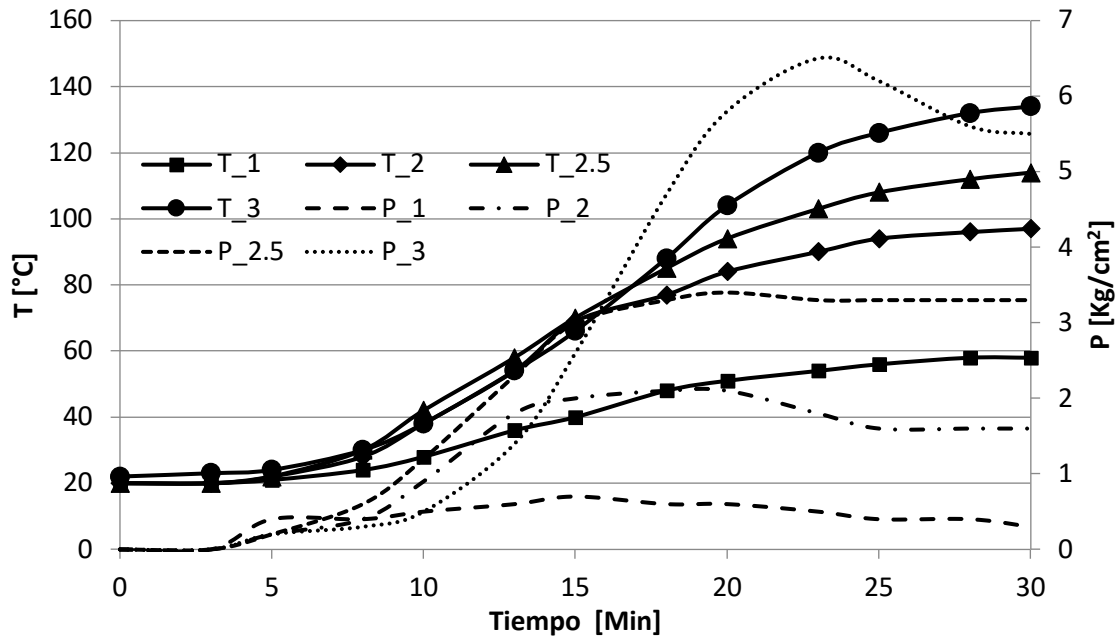


Fuente. Elaboración propia.

RESULTADOS DE COMBUSTIÓN CON MDF

En la Figura 6 se presentan los resultados de temperatura y presión para el MDF estándar de 3 mm. En función de las pruebas realizadas se obtuvo que la configuración del arreglo vertical inicial de biomasa tipo MDF presenta menores temperaturas que la configuración del arreglo piramidal inicial. Por lo que el análisis para este tipo de biomasa se enfocó solo en la configuración de arreglo piramidal inicial para las pruebas de combustión con cantidades de biomasa de 1 kg, 2 kg, 2.5 kg y 3 kg, respectivamente. En la Figura 6 la curva designada como T_1 representa la curva de temperatura para 1 kg de biomasa. De forma similar la curva P_1 corresponde a presión para la combustión de 1 kg de biomasa. La nomenclatura de las curvas análoga para el resto de la cantidad de biomasa usada en la respectiva prueba de combustión.

Figura 6. Temperatura y presión en función del tiempo para combustión de MDF.



Fuente. Elaboración propia.

A partir de las curvas obtenidas en las Figuras 3 y 6 se observa que por cada prueba de kg unitario, el olote produce una mayor temperatura que la del MDF. Cuya diferencia corresponde a un rango de 14 °C y un comportamiento análogo se observa al comparar las curvas de presión. Sin embargo de las Figuras 4 y 6 se observa que se alcanza la máxima presión entre los 15 y 20 minutos que tiene lugar la combustión. Mientras que para condición extrema analizada de cantidad de biomasa, es decir con 3 kg de biomasa (Figuras 4 y 6), la temperatura máxima prácticamente es la misma es la misma para el MDF y el olote. La presión con el MDF es superior y aunque tiene descenso durante la prueba, su valor desde que alcanza el máximo hasta el término de 30 minutos se mantiene por arriba de la presión que logra la combustión con el olote.

CONCLUSIONES

Se encontró de la literatura que los desperdicios de la biomasa agrícola no son considerados para aplicación posteriores a su función principal. A partir de las pruebas realizadas se concluye que los tres tipos de biomasa usados como combustible tienen características químicas que permiten que la combustión se propague rápidamente. Lo cual tiende a una combustión eficiente que reduce la huella de carbono, esto por las características propias del combustible y la forma en que se consumen. Las pruebas muestran que biomasa analizada puede ser utilizada como combustibles sólidos para la generación de energía calorífica que a su vez genere vapor. Ese fluido puede convertirse en un fluido de trabajo que a su vez se transforme en otro tipo de energía para un trabajo útil, por ejemplo la generación de energía eléctrica.

Las configuraciones de los arreglos iniciales de la biomasa que se usó en cada uno de los combustibles analizados, permiten concluir que dependiendo de estos arreglos se modifica el recorrido del oxígeno entre la biomasa durante la combustión, lo que produce que para la misma cantidad de combustible se logren diferentes temperaturas solo con cambiar el arreglo inicial de la biomasa.

Para las pruebas realizadas se tiene que la temperatura se modifica en forma proporcional cuasi lineal a la cantidad de combustible usado, mientras que la presión tiene un comportamiento no lineal en su incremento cuando se aumenta la cantidad de combustible. De donde se concluye que para cantidades a escala reducida la aplicación de estos combustibles son viables en la generación de vapor que puede usarse en sistemas de microgeneración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayhan D., Competitive liquid biofuels from biomass, *Applied Energy* 88 (2011), pp. 17–25.
- Bhuiyan A., Naser J., CFD modelling of co-firing of biomass with coal under oxy-fuel combustion in a large scale power plant, *Fuel* 159 (2015) , pp. 150-168.
- Bocci E., Di Carlo A., Vecchione L., Villarini M., De Falco M., Dell’Era A., Technical-Economic Analysis of an Innovative Cogenerative Small Scale Biomass Gasification Power Plant, *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2013*, Springer, 2013, pp. 256–270.
- Bocci E., Sisinni M., Moneti M., Vecchione L., Di Carlo A., Villarini M., State of art of small scale biomass gasification power systems: a review of the different typologies, *Energy Procedia* 45 (2014), pp. 247 – 256.
- Daraban A.E., Jurcoane S, Voicea I, Voicu G., *Miscanthus giganteus* biomass for sustainable energy in small scale heating systems, *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 6 (2015), pp. 538 – 544
- Friedl A., Padouvas E., Rotter H., Varmuza K., Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. *Anals Chim Acta* 544 (2005), pp. 191–199.
- Huanga Y., McIlveen-Wright D.R., Rezvania S., Huang M.J., Wang Y.D., Roskilly A.P., Hewitt N.J., Comparative techno-economic analysis of biomass fuelled combined heat and power for commercial buildings, *Applied Energy* 112 (2013), pp. 518-525.
- Kumar A., Kumar N., Baredar P., Shukla A., A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (2015), pp. 530–539.
- Lazaroiu, G.; Mihaescu, L.; Negreanu, G.; Pana, C.; Pisa, I.; Cernat, A.; Ciupageanu, D.-A. Experimental Investigations of Innovative Biomass Energy Harnessing Solutions. *Energies* 2018, 11, 3469.
- Monarca D., Cecchini M., Colantoni A., Plant for the production of chips and pellet: technical and economic aspects of an case study in the central Italy, *Computational Science and Its Applications-ICCSA 2011*, Springer, 2011, pp. 296–306.
- Ravindranath NH, Hall DO., *Biomass energy and environment*. Oxford: Oxford University Press; 1995.

- Robledo, A., Aguilar, C. N., & Montañez, J. C. (2012). Uso del olote de maíz como sustrato microbiano para la obtención de xilanasas. *Acta Química Mex*, 4(7).
- Voicea I, Danciu A., Matache M., Voicu G., Vlăduț V., Biomass and the Thermo-Physical-Chemical Properties of this Related to the Compaction, Process, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, XI (2013), pp. 59-64.
- Ying C.Y., Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses, *Fuel* 90 (2011), pp. 1128–1132.
- Zuberi M. J. S., Hasany S. Z., Tariq M. A. and Fahrioglu M., Assessment of biomass energy resources potential in Pakistan for power generation, 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, Istanbul, 2013, pp. 1301-1306, doi: 10.1109/PowerEng.2013.6635801.

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE UNA MICROTURBINA DE ADHESIÓN ALIMENTADA CON VAPOR GENERADO CON BIOMASA DE DESECHO

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ¹, VICENTE FLORES LARA², MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ.³

RESUMEN

La electricidad tiene gran influencia en el desarrollo de las sociedades, pero ésta mayormente se obtiene con la quema de combustibles fósiles que tienen afecto adverso en el ambiente. Por tal razón una tendencia global es la diversificación de los componentes de la matriz energética. En ese sentido, se analiza la viabilidad de un sistema de generación a escala reducida que usa biomasa sólida de desecho como combustible, la cual proviene de residuos forestales. Para ese tipo de sistemas, uno de los retos tecnológicos es la implementación de la turbina adecuada al proceso, ya que en esas magnitudes los flujos, las presiones y la calidad del vapor son variables, por lo que una turbina convencional resulta inviable por sus parámetros de operación, además de sus costos. Se analiza como alternativa una turbina de adhesión para operar en las condiciones de generación a pequeña escala, con un generador de vapor de dimensiones reducidas, similar a un boiler doméstico, que usa biomasa sólida como combustible. Los resultados muestran que la turbina de adhesión opera para un amplio rango de flujo, sin que la calidad del vapor sea una limitante. Además, la operación de la turbina, dependiente del flujo, permite su acoplamiento a generadores eléctricos.

Palabras clave: biomasa sólida, microgeneración, microturbina no convencional.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. jorge.bh@apizaco.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. f117u2@yahoo.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. mbedolla@hotmail.com

ABSTRACT

The electricity has a great influence on the development of societies, how it is mainly obtained by burning fossil fuels. For this reason, a global trend is the diversification of the components of the energy matrix. In this sense, this study is focused on the viability of a reduced-scale generation system that uses solid waste biomass as fuel, which comes from forest residues. For these types of systems, one of the technological challenges is the implementation of the expander or turbine suitable for the process. Since the flows, pressures, and the quality of the steam are parameters with a wide variable range as a function of the fuel. It makes a conventional turbine unfeasible due to its costs and parameters of operation. Therefore, an adhesion turbine is analyzed as an alternative sys in the conditions of small-scale generation. A small steam generator, similar to a domestic boiler, is used for the system, using solid biomass as fuel. The results show that the adhesion turbine operates for a wide flow range, without the quality of the steam could be a limitation. In addition, the flux-dependent angular velocity is sufficient for coupling to commercial electric generators.

Keywords: Solid biomass, microgeneration, adhesion microturbine.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial, así como actividades domésticas de prácticamente todo tipo se relacionan actualmente con la energía eléctrica disponible (Kishore et al., 2004). Si bien, se cuenta con una amplia gama de tecnologías disponibles para la generación de energía eléctrica, también es un hecho que las más comunes en operación aún dependen del consumo de combustibles fósiles (Blanco y García, 2012). Donde es conocido que el uso de combustibles fósiles actualmente se trata con reserva para el diseño de nuevos sistemas, por las consecuencias adversas que representa al ambiente. Dentro de los aspectos ambientales negativos de los combustibles fósiles se tienen tanto aspectos ambientales como el efecto invernadero, así como económicos, por ejemplo como la volatilidad de los precios. Por esas y otras razones similares es que diversas tendencias actuales consideran impostergable explorar fuentes de energía sostenible que sustituyan a los

combustibles fósiles (Kumar et al., 2015). Una fuente alternativa de energía con características sostenibles, lo constituye la biomasa, y dentro de cuya clasificación se encuentra la biomasa sólida. La cual representa la fracción de productos resultantes y desperdicios de proceso de agricultura, bosques e industrias que generan residuos a base de carbono (Voicea et al., 2013).

De acuerdo con diferentes autores (Lu, 2020; Huang et al., 2013; Zuberi et al., 2013; Pachauri y Jiang, 2008) la biomasa representa la mayor fuente potencial de energía verde que puede reemplazar a los combustibles fósiles en sistemas de producción de energía. La biomasa como combustible alternativo representa aspectos amigables con el ambiente, además de costos reducidos en su adquisición y manipulación comparados con los combustibles fósiles (Ying, 2011). Pero por otro lado, a pesar de las ventajas que representa la sustitución de combustibles fósiles por biomasa, se tienen aún diversos retos tecnológicos para su aplicación en proceso de generación. Uno de los principales retos de los sistemas de generación a escala reducida que se enfocan a la biomasa se encuentran su valor de calentamiento, su humedad y composición elemental característica (Friedl et al., 2005). Ya que si bien, la biomasa es abundante y está presente en prácticamente cualquier lugar de la tierra, los poderes caloríficos que presente resultan ser inferiores a los disponibles para los combustibles fósiles procesados.

Como parte de los retos tecnológicos de aplicación de biomasa, en los últimos años se ha mostrado especial atención en las fuentes de generación de calor de bajo grado (Song et al., 2017). Cuyo tema constituye aún una amplia área de investigación y desarrollo para el adecuado aprovechamiento de combustibles de bajo grado de calor, como es el caso de la biomasa de desecho forestal. Como parte de las áreas de oportunidad en la aplicación de biomasa como combustibles en la generación a pequeña o micro-escala, se ha encontrado que una de las principales limitantes en el sistema de generación es la turbina o el expansor (Talluri et al., 2018). Ya que la generación a escala reducida y para combustible de calor de bajo grado se tiene condiciones variables en el fluido de trabajo, para las cuales no se adaptan los sistemas de generación convencionales. En particular la biomasa sólida de residuos forestales, representa que la alimentación de combustible al sistema de

generación de vapor se realiza de forma discreta, a diferencia de combustibles gaseosos, donde el volumen de combustible es constante en el tiempo. Para el caso de alimentación de combustible en forma intermitente, se asocian características al fluido de trabajo, como por ejemplo la temperatura es variable por la intermitencia del combustible. Esto a su vez resulta en que se altere la temperatura interna del generador de vapor y por consiguiente la presión en el recipiente que contiene el agua. Además, bajo las condiciones de escala reducida, la demanda y suministro del fluido de trabajo se ven afectados por la reducida cantidad de vapor que se puede generar, o la alta demanda de vapor por el expansor en un intervalo de tiempo reducido, por lo que la turbina para esos sistemas está sujeta a variaciones del flujo másico y para diferentes temperaturas y presiones. Por lo que la adaptación de turbinas a este tipo de sistema tiene que considerar todos esos aspectos para lograr un aprovechamiento de la biomasa sólida en el proceso de generación a pequeña escala.

Por las condiciones de trabajo establecidas para un sistema operando con biomasa y a escala reducida de generación, la turbina está expuesta a variaciones considerables. Un sistema que apunta a funcionar adecuadamente bajo condiciones tan variantes del fluido es la turbina de adhesión, patentada originalmente por Tesla (2013). Ya que este tipo de turbinas puede operar en condiciones variables de bajas potencias, para variados fluidos de trabajo, los cuales pueden ser incluso no newtoniano y consistir de características bifásicas (Logan, 2003). Sin embargo, los estudios de sistemas que aplican este tipo de turbinas son todavía escasos, por lo que este dispositivo representa retos para su implementación en sistemas de generación.

En función de todo lo anterior, el presente estudio se enfoca en el estudio del comportamiento de una microturbina de adhesión, la cual es complemento de un sistema de microgeneración. La turbina en estudio se alimenta con vapor de agua que se obtiene a partir de la combustión de biomasa sólida de residuo forestal, por lo que las características del fluido de trabajo son cambiantes en el tiempo, condición que limita la aplicación de sistemas convencionales. Por la escala de generación de vapor y la demanda de fluido de la turbina, los arranques y paros del

sistema son frecuentes. Por lo que la implementación de la turbina de adhesión de construcción simplificada se presenta una alternativa viable como complemento de este tipo de sistemas.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

Los elementos principales componentes del sistema de generación considerado para el estudio se dividen en tres. Los cuales corresponden a: i) sistema de generación de vapor (que funciona mediante la combustión de biomasa sólida), ii) la turbina de adhesión (de construcción simplificada) y iii) generador eléctrico. Para este caso el estudio se centra en el comportamiento de la turbina, el cual depende de las características del fluido de trabajo que es proporcionado por el generador de vapor. En función de lo cual en las siguientes secciones se presenta el sistema de generación de vapor y las pruebas con sus resultados de la operación de la microturbina de adhesión en estudio.

SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

La característica relevante del sistema de generación de vapor es que opera con biomasa sólida de residuos forestales. En la Figura 1 se presenta el sistema de generación de vapor de agua, así como los elementos para monitoreo de las variables de presión y temperatura en el recipiente cilíndrico del generador de vapor y el fluido de trabajo que éste suministra. Donde la bomba tiene la función de introducir agua al recipiente cilíndrico, esta se usa por las diferencia de presiones que se tienen cuando el generador de vapor está en proceso de combustión. El termómetro y manómetro se usan para medir la presión y temperatura al interior del cilindro que contiene el vapor a presión. El flujómetro permite monitorear el flujo másico de vapor hacia la turbina. El hogar es el espacio donde se realiza la quema de la biomasa sólida.

Figura 1. Sistema de Generación de Vapor y sus componentes



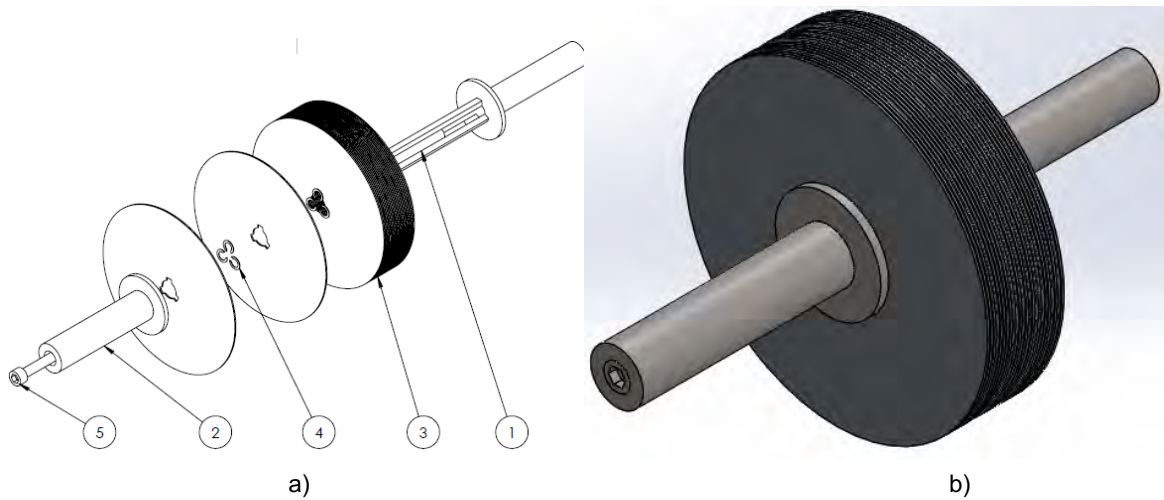
Fuente. Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 1, la base del sistema de generación de vapor hace las veces de soporte y de hogar de la combustión. El hogar de combustión tiene un espacio de 400 mm x 400 mm y 290 mm de altura. Lo cual determina la cantidad máxima de combustible a usar; en el que además de introducir la biomasa como combustible se tiene que permitir el espacio para el adecuado flujo de oxígeno en el proceso de combustión. El tanque cilíndrico del sistema de generación de vapor tiene una capacidad de 20 L. Su presión de trabajo del recipiente que contiene el vapor es de 100 psi. El sistema cuenta con una válvula de seguridad que opera a los 110 psi.

TURBINA DE ADHESIÓN

El componente principal de la turbina no convencional es el rotor, el cual se encarga de convertir la energía cinética del fluido de trabajo en energía mecánica disponible en la flecha de la turbina. La Figura 2 muestra el modelo en CAD del rotor de la turbina no convencional en análisis, donde una característica importante es el número de discos el rotor. La Tabla 1 presenta la lista de componentes del rotor de la turbina.

Figura 2. Componentes del rotor de la turbina, donde: a) despiece de los componentes y b) representación del rotor compacto.



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 1. Lista de partes del rotor de la turbina de adhesión

No.	Pieza	Cantidad
1	Eje motriz	1
2	Eje contenedor	1
3	Disco	24
4	Separador	69
5	Tornillo Allen	1

Fuente. Elaboración propia.

Por la operación propia de la turbina, el fluido de trabajo entra en dirección tangencial al rotor, transmite la cantidad de momento a los discos planos y se desfoga por la región cercana al centro de rotación. Bajo esas condiciones los discos planos del rotor tienen un diámetro exterior y un diámetro interior por donde desfoga el fluido de trabajo. La Tabla 2 presenta la información referente a las dimensiones principales que definen al rotor. En la Figura 3 se muestran un par de vistas de la turbina de adhesión ensamblada. Donde se aprecia la tobera por donde entra el fluido de trabajo; así como el eje hueco diseñado para permitir el desfogue del fluido en la región central de los discos planos. La flecha al lado contrario del eje hueco es maciza, la cual permite el acoplamiento con el generador eléctrico para la transmisión de potencia y par de torsión para la generación.

Tabla 2. Características del rotor de la turbina de adhesión

Característica	Magnitud
Radio externo [mm]	115
Diámetro interno [mm]	12.38
Espesor del disco [mm]	0.89
Número discos	24
Número de separadores	69
Espesor del separador [mm]	0.33

Fuente. Elaboración propia.

Figura 3. Turbina de adhesión, donde: a) vista isométrica que muestra la tobera de admisión del fluido y b) vista frontal donde se observa el eje hueco para desfogue.



a)



b)

Fuente. Elaboración propia.

METODOLOGÍA DE LAS PRUEBAS

De acuerdo a las dimensiones del sistema de generación de vapor y la operación propia de éste para la alimentación de vapor a la turbina, se desarrollaron pruebas que permiten obtener el tiempo de operación de la turbina en función de la biomasa usada como combustible. Con el objeto de relacionar la condición de operación de la turbina con la generación de vapor a pequeña escala mediante biomasa como combustible, las pruebas de operación de la turbina se dividieron en 3 grupos que se mencionan a continuación.

Para el primer grupo se analiza la condición de cantidad de agua inicial en el recipiente cilíndrico del generador de vapor, con el fin de establecer el volumen inicial de agua que mejor desempeño tenga para la alimentación de vapor a la turbina. En este grupo de pruebas se introduce la biomasa sólida como combustible en la parrilla del hogar, la cual se delimita por el espacio disponible para contener ésta. Se mantuvo constante la cantidad inicial de biomasa sólida en el hogar de combustión y el parámetro variable fue la cantidad de agua inicial en el recipiente cilíndrico del generador de vapor. Posteriormente se lleva a cabo la combustión de la biomasa y se monitorea la presión y temperatura al interior del recipiente cilíndrico. La presión de trabajo considerada para iniciar la alimentación de vapor a la turbina es de 80 psi. Por lo que una vez que se llega a esa presión se abre la válvula de paso para permitir el flujo del vapor de agua hacia la turbina de adhesión. Esta operación genera por un lado que la turbina inicie su funcionamiento, pero por otro lado provoca que la presión en el recipiente cilíndrico que contiene el vapor disminuya. Para el periodo de tiempo en que la turbina se encuentra en movimiento se monitorea el flujo másico de vapor que va a la turbina, así como el tiempo en que la turbina se mantiene girando. Cuando la turbina se detiene es el punto en que concluye la prueba.

Para el segundo grupo de pruebas, a partir de que se determinó el volumen inicial de agua en el grupo de pruebas previo, se realimenta de biomasa sólida como combustible al sistema de generación de vapor. Esta realimentación de combustible se realiza con el objeto de obtener 5 ciclos consecutivos en que se llega a la presión de trabajo y se alimenta la turbina. Este proceso implica que una vez que se abre la válvula de alimentación de vapor la turbina empieza a girar, cuando la turbina termina su movimiento (dado que la energía cinética del fluido vapor ya no es suficiente para moverla) se cierra la válvula y se realimenta el hogar de combustión. Ese proceso permite que la presión del cilindro que contiene el agua alcance nuevamente la presión de trabajo. Cuando se llega nuevamente a la presión de 80 psi se vuelve a alimentar de vapor a la turbina. El proceso se realiza para 5 repeticiones, durante las cuales no se realimenta el agua al recipiente cilíndrico; lo que produce que se tenga menor cantidad de agua para la subsecuente repetición.

En este segundo grupo de pruebas se cuantifica la reducción de la cantidad de agua en el recipiente cilíndrico del generador de vapor, el tiempo que en cada ciclo en alcanzar la presión de trabajo, el tiempo que se mantiene girando la turbina en cada repetición, así como también el flujo másico de vapor durante la rotación de la flecha de la turbina.

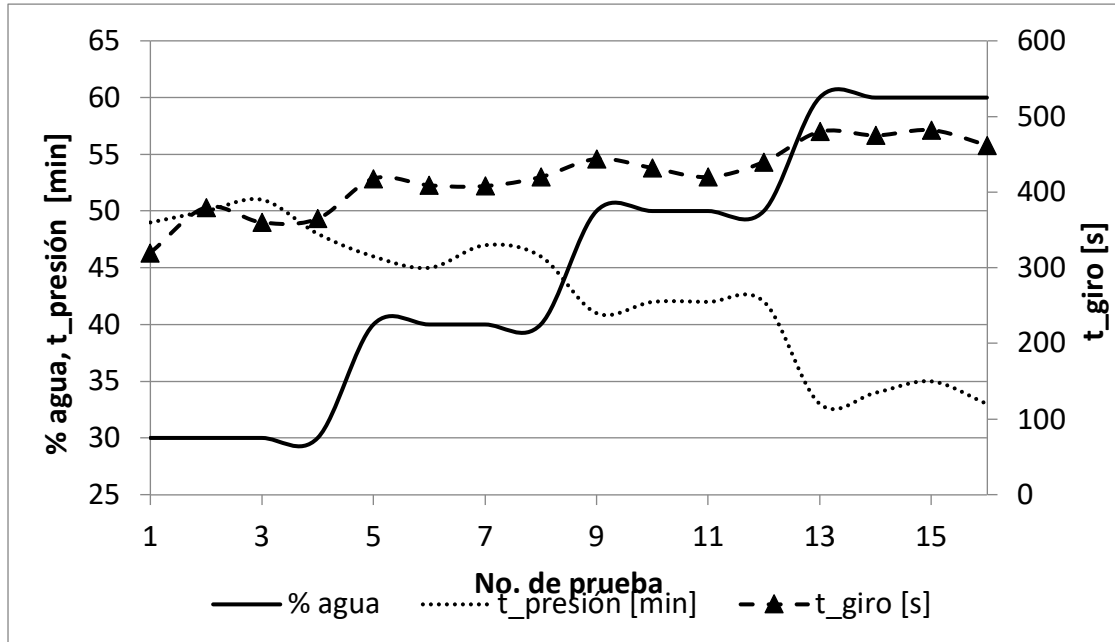
En el tercer grupo de pruebas, el procedimiento y variables a cuantificar son análogos al segundo grupo. La diferencia radica en que para el segundo grupo de pruebas el suministro de oxígeno a la combustión se da de forma natural. Mientras que para este tercer grupo de pruebas se adiciona un contenedor de agua en la salida de los gases de combustión. Esto se hace para aumentar la presión al interior de ese recipiente y posteriormente liberar el exceso de presión al hogar de combustión mediante una manguera que conduce ese flujo. Con lo cual se obtiene un flujo de aire forzado que representa una mayor cantidad de oxígeno en el hogar, esto en consecuencia aviva las llamas de la combustión de biomasa sólida. La diferencia de presiones en el recipiente auxiliar se obtiene sin aumentar la cantidad de biomasa al sistema, solo haciendo uso de los gases de combustión a la salida del generador de vapor. Por lo que no se requiere de más combustible o energía adicional para forzar el flujo de aire que aviva las llamas de la combustión en el hogar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer grupo de pruebas se realizó para establecer la cantidad de agua en el recipiente cilíndrico del generador de vapor al inicio del proceso de combustión en cada prueba. El recipiente del generador de vapor tiene capacidad para 20 L, y las pruebas se realizaron para 30 %, 40 %, 50 % y 60 % de volumen inicial del recipiente ocupado por agua. Con esto se cuantificó la diferencia en tiempo para alcanzar la presión de trabajo para cada uno de los volúmenes iniciales de agua. La cantidad de biomasa usada en todas estas pruebas fue de 2 kg y la presión de 80 psi fue la que se consideró como punto en el que se inicia la alimentación de vapor de agua a la turbina de adhesión. La Figura 4 muestra el comportamiento del tiempo en el

sistema para alcanzar la presión de trabajo, en función de la cantidad inicial de agua en el recipiente del generador de vapor.

Figura 4. Relación del % inicial de agua en el recipiente con el tiempo para alcanzar la presión de 80 psi y el tiempo de giro de la turbina.



Fuente. Elaboración propia.

Para el primer grupo de pruebas se consideró un nivel máximo de agua del 60 % del volumen del cilindro del generador de vapor, ya que se observó que para volúmenes mayores aunque se requería menos tiempo en alcanzar la presión de trabajo, el tiempo de operación de la turbina era menor. De lo cual se obtuvo que el mayor tiempo de operación de la turbina se obtenga con el 60 % de volumen inicial de agua en el generador de vapor. También se observa de la Figura 4 que a 60 % de volumen le corresponde el mayor tiempo de operación de la turbina.

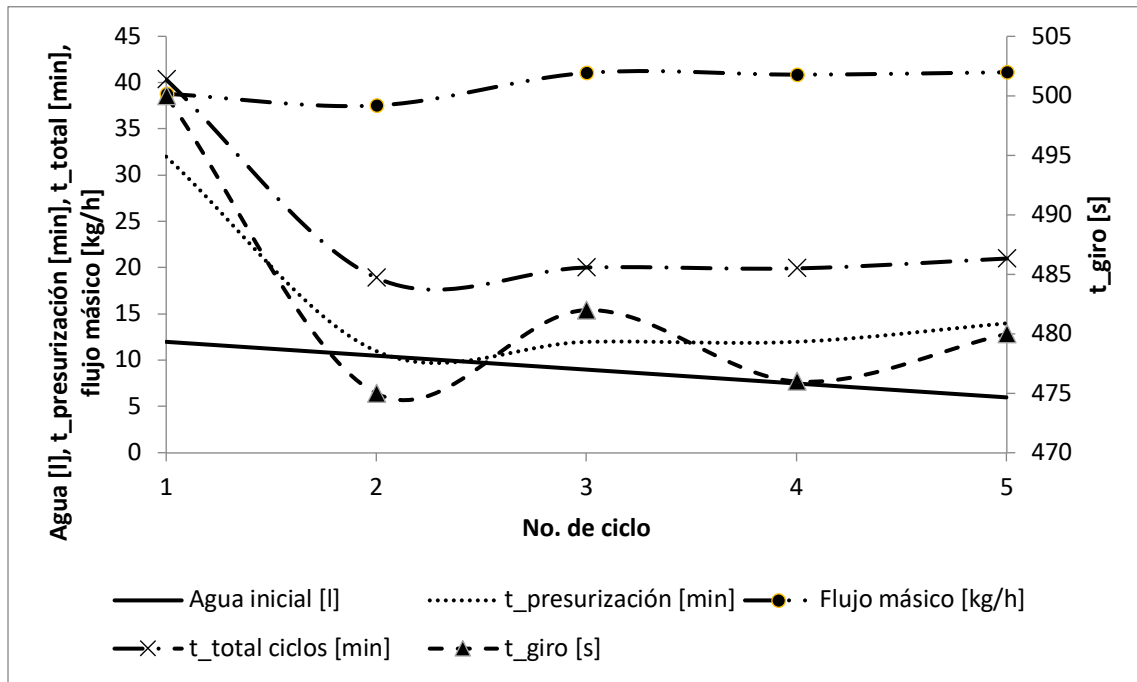
A partir de estas pruebas se determinó que con 12 L de agua dentro del generador de vapor al inicio de la operación, se alcanza la presión de 80 psi en menor tiempo para todas estas pruebas. Esto obedece a que a mayor cantidad de agua se tiene menor espacio para almacenamiento del vapor, por lo que una vez que se inicia el cambio de fase a vapor se requiere de menor tiempo para alcanzarla presión de trabajo. Esto cumple con la ley de Boyle que establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente. Sin embargo, para los aspectos funcionales del sistema el 60 % de agua es el límite

superior, ya que se obtuvo que a mayor volumen inicial de agua el tiempo de operación de la turbina disminuye. Lo cual se atribuye a que se cuenta con un menor volumen de vapor al interior del recipiente cilíndrico disponible para alimentar a la turbina.

Para el segundo grupo de pruebas se consideró una cantidad inicial de combustible de 2 kg de biomasa sólida. Para estas pruebas se tomó ventaja de la inercia térmica del fluido, ya que las repeticiones de los ciclos se iniciaron de inmediato, una vez que la turbina deja de girar. De manera análoga al primer grupo de pruebas, para éste grupo se abre la válvula cuando la presión llega a 80 psi, y la válvula se cierra cuando la turbina deja de girar. En ese momento se realimenta el hogar de combustión y se realiza otra vez el proceso de presurización de vapor hasta que se alcanza nuevamente los 80 psi. Este proceso se repite en esta conjunto de prueba para 5 ciclos. Los resultados de estas pruebas se muestran en la Figura 5.

De los resultados de la Figura 5 se observa que el primer ciclo es el que toma más tiempo en alcanzar la presión de trabajo, pero para los ciclos subsecuentes (aprovechando la temperatura que mantiene el agua del ciclo previo) la presión de trabajo se alcanza en aproximadamente una tercera parte de tiempo que corresponde al primer ciclo. Mientras que el tiempo de operación de la turbina para todo todos los ciclos realizados se mantiene con una variación máxima de 5 % de diferencia, respecto del tiempo de operación en el primer ciclo. De forma análoga se observa que el flujo másico máximo obtenido en cada uno de los ciclos considerados presenta una variación máxima de 5.5 % respecto del valor máximo y mínimo de esta parámetro. Esto a pasar de que se modifica en forma lineal el volumen inicial de agua en el respectivo ciclo subsecuente. De lo cuyos resultados se obtiene que la disminución de fluido al inicio de cada ciclo subsecuente es de 1.5 L, como se presenta en la Figura 5.

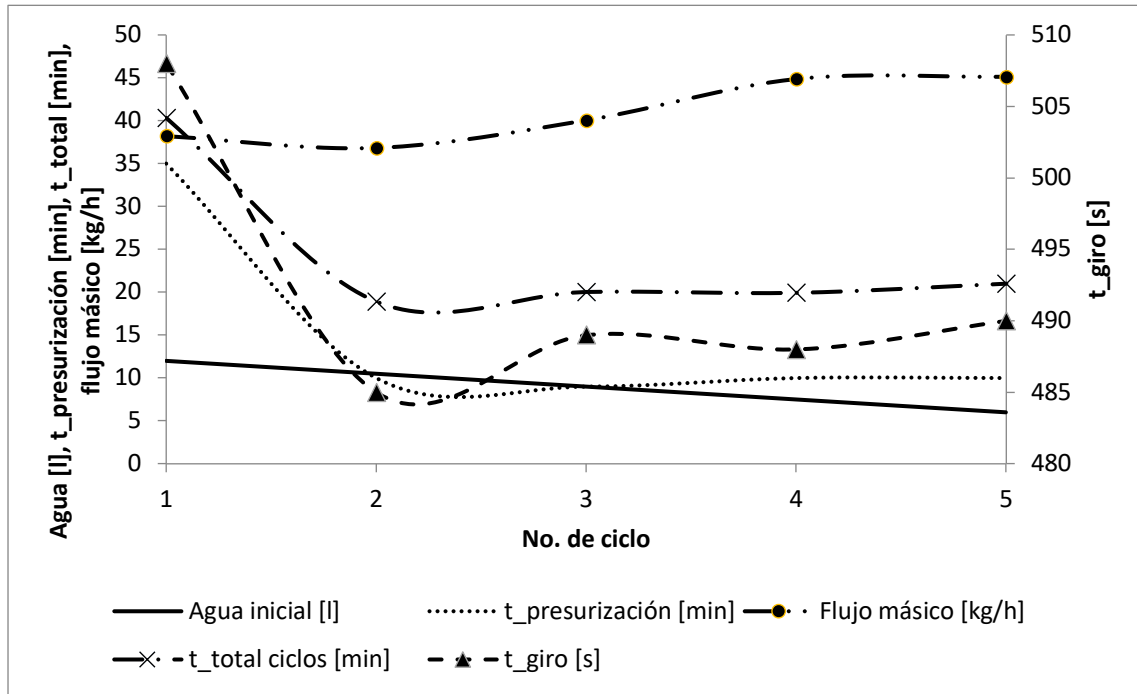
Figura 5. Relación de agua en el recipiente, tiempo de presurización a 80 psi, tiempo de giro de la turbina, tiempo total del ciclo y flujo másico.



Fuente. Elaboración propia.

Los resultados del tercer grupo de pruebas se presentan en la Figura 6, donde las condiciones son análogas al segundo grupo de pruebas, solo que para este último se forzó el flujo de aire que se obtuvo de generar diferencia de presión con el ambiente al adicionar un contenedor de agua en la salida de los gases de combustión. Esto aumentó la presión al interior de ese recipiente, que posteriormente se libera el exceso de presión mediante una manguera que se direcciona al hogar de combustión. Con lo que aumenta el flujo de aire en el hogar, que a su vez corresponde a una mayor cantidad de oxígeno, lo que en consecuencia aviva las llamas de la combustión de biomasa sólida. Esto permite reducir el tiempo en que se alcanza la presión, y al mantener esa condición durante el tiempo de alimentación de vapor a la turbina, también se logra aumentar el tiempo de operación de esta última.

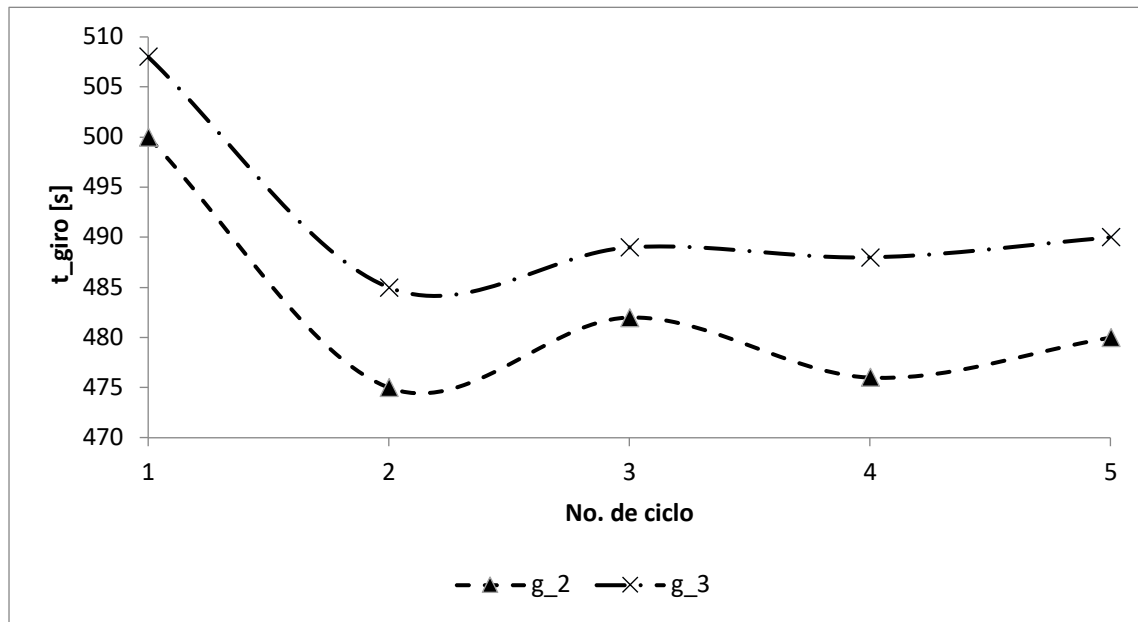
Figura 6. Resultados del tercer grupo de pruebas.



Fuente. Elaboración propia.

La comparación de la diferencia en el tiempo de operación de la turbina entre el sungo y el tercer grupo de pruebas se presenta en la Figura 7, en cuyas curvas se aprecia un comportamiento análogo para los respectivos ciclos de presurización y operación de la turbina. Pero también se hace evidente el aumento en tiempo de operación de la turbina para el grupo 3 de las pruebas. Si bien el incremento en operación de la turbina es alrededor del 2 %, se obtiene que ese incremento se obtiene sin incrementar el consumo de combustible, solo con aprovechar los gases de combustión a la salida del generador de vapor. De forma tal que se logra forzar la entrada de aire al hogar.

Figura 7. Diferencia de tiempo de operación de la turbina para el segundo y tercer grupo de pruebas.



Fuente. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó el comportamiento del tiempo de operación de una turbina de adhesión que se alimenta por vapor de agua generado a partir de biomasa sólida como combustible. El sistema de microgeneración tanto de vapor como de potencia en la turbina del sistema tiene condiciones de operación características que restringe la aplicación de sistemas comerciales.

Las pruebas realizadas permiten obtener el volumen adecuado de agua en el generador de vapor al inicio del proceso de generación, a partir del cual se reduce el tiempo para lograr la presión de operación, y por otro lado se incrementa el tiempo de operación de la turbina en estudio. Los resultados mostraron que 60 % del volumen del tanque permite optimizar el tiempo para alcanzar la presión de trabajo y aumentar el tiempo de operación de la turbina.

Se realizaron dos grupos de pruebas cíclicas con las cuales se puede obtener el tiempo de operación de la turbina en ciclos repetidos, aprovechando la inercia térmica del sistema, que disminuyen el tiempo para alcanzar la presión de trabajo.

A partir de lo cual se establece una reducción en tiempo de alrededor de 65 % para alcanzar la presión de trabajo, con relación el primer ciclo de prueba. De forma paralela el tiempo de operación de la turbina y el flujo máximo logrado en cada ciclo no presenta variaciones mayores al 5.5 %. Por lo que esta condición se establece como adecuada para la operación del sistema de microgeneración.

A partir de los resultados obtenidos se concluye que el sistema analizado es técnicamente viable para su aplicación en proceso de generación a pequeña escala, con biomasa sólida de desecho forestal para la generación del vapor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco J., García I., Guía básica de microcogeneración, Madrid: Consejería de Economía y Hacienda (2012).
- Friedl A., Padouvas E., Rotter H., Varmuza K., Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. *Anal Chim Acta* 544 (2005), pp. 191–199.
- Kishore VVN, Bhandari PM, Gupta P. Biomass energy technologies for rural infrastructure and village power—opportunities and challenges in the context of global climate change concerns, *Energy Policy* 32 (2004), pp. 801–10.
- Kumar A., Kumar N., Baredar P., Shukla A., A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (2015), pp. 530–539.
- Logan E. J., *Handbook of Turbomachinery*, (2d ed.), Arizona State University: Marcel Dekker Inc., 2003.
- Lu Z., Operation performance study and numerical analysis of the multi-objective adsorption system driven by low-grade heat of solar energy and industrial waste heat, *Solar Energy* 199 (2020), pp. 575-584.
- Pachauri S, Jiang L., The household energy transition in India and China, *Energy Policy* 36 (2008), pp. 4022–4035.
- Song J., Gu C., Li X., Performance estimation of Tesla turbine applied in small scale Organic Rankine Cycle (ORC) system, *Applied Thermal Engineering*. 110 (2017), pp. 318–326
- Talluri L., Fiaschi D., Neri G., Ciapi L., Design and optimization of a Tesla turbine for ORC applications, *Applied Energy*. 226 (2018), pp. 300-319
- Tesla N. Turbine. US Patent 1 061 206, USA, 1913
- Voicea I, Danciu A., Matache M., Voicu G., Vlăduț V., Biomass and the Thermo-Physical-Chemical Properties of this Related to the Compaction, Process, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, XI (2013), pp. 59-64.
- Ying C.Y., Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses, *Fuel* 90 (2011), pp. 1128–1132.

ELABORACIÓN DE HUERTOS PRODUCTIVOS DE PLANTAS MEDICINALES CON FAMILIAS DE LAS COMUNIDADES MIXTECAS COMO ESTRATEGIA PARA CONTRIBUIR A LA ECONOMÍA FAMILIAR Y LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

PABLO DE LA LLAVE MARCIAL,¹ HAYDEE NANCY ALVARADO ROMERO,² MARTÍN MÁRQUEZ ESPINOZA.³

RESUMEN

El artículo consiste en la elaboración de un diseño metodológico contextualizado para la realización de huertos familiares de plantas medicinales, los huertos caseros tradicionales han venido para quedarse no sólo para aquellos que tengan el placer de tener un patio o jardín, puesto que en la ciudad cada vez se está poniendo más de moda los huertos urbanos o el alquiler de espacios para cultivar tomando en cuenta la descripción de diversos tipos que existen como recurso medicinal para contrarrestar enfermedades comunes o crónicas, y como fuente de ingreso económico familiar al llevarlo al mercado local, con el diseño metodológico validado, se capacitan a las 60 familias sobre el uso de las plantas medicinales existentes en la comunidad; la dosificación, las contradicciones, la forma de preparación, el nombre en idioma español, las características comunes de la planta, su hábitat. Para concretar, se realizan dos muestras de huertos familiares de plantas medicinales.

Como complemento para contribuir a minimizar el problema de desequilibrio ambiental, se realiza la actividad de forestación o reforestación, según el caso, con 1200 árboles de eucalipto, cedro de altura y de caoba, para efecto, se involucra a las 60 familias que conforma la comunidad para que tenga sostenibilidad.

Palabras claves: Huertos familiares, Plantas medicinales, reforestación

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. dela_llave@yahoo.com.mx

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. Haydeenancy@gmail.com

³ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. Mark-es.96@hotmail.com

ABSTRACT

The article consists of the elaboration of a contextualized methodological design for the realization of family gardens of medicinal plants, traditional home gardens have come to stay not only for those who have the pleasure of having a patio or garden, since in the city each Urban gardens or the rental of spaces to cultivate are becoming more fashionable, taking into account the description of various types that exist as medicinal resources to counteract common or chronic diseases, and as a source of family income when taking it to the local market, With the validated methodological design, the 60 families are trained on the use of existing medicinal plants in the community; the dosage, the contradictions, the way of preparation, the name in Spanish ', the common characteristics of the plant, its habitat. To specify, two samples of family gardens of medicinal plants are made.

As a complement to help minimize the problem of environmental imbalance, the afforestation or reforestation activity is carried out, depending on the case, with 1,200 eucalyptus, tall cedar and mahogany trees, for effect, the 60 families that make up the community to have sustainability.

Keywords: Home gardens, Medicinal plants, reforestation

INTRODUCCIÓN

Los usos de las plantas en diferentes áreas de nuestra cultura han determinado y conformado bases de nuestra identidad. Nos han sanado y lo más importante, aportado el oxígeno para la supervivencia de nuestra especie y la vida en el planeta. Existen pruebas empíricas y científicas que avalan los beneficios de diversas plantas medicinales en diversas afecciones crónicas o leves. Los tratamientos con plantas medicinales, son la forma más popular de medicina tradicional, prevaleciendo a lo largo del tiempo gracias a la transmisión oral (OMS, 2008). Esta tradición forma parte del acervo cultural de nuestra sociedad y su permanencia en el tiempo y espacio, pueden ayudar a comprender las tradiciones de diferentes culturas que del pasado han llegado hasta nuestro presente. Es relevante conocer si es preciso conservar, preservar y transmitir el conocimiento sobre las plantas medicinales. (OMS, 2008). Si bien la medicina moderna está bien desarrollada en

la mayor parte del mundo, según la Organización Mundial de la Salud, en la actualidad, 2/3 de la población de los países con economías periféricas recurren a la medicina tradicional, como un sistema complementario a la medicina alopática o científica. (Paz, 2008). El amplio uso de la medicina tradicional se atribuye a su accesibilidad y asequibilidad, siendo muchas veces la única fuente para la atención sanitaria de los pacientes de menores recursos (OMS, 2008). La importancia que las plantas medicinales tiene y han tenido en la salud de la población en general radica en varios aspectos, por ejemplo, socialmente: en México, de acuerdo con cifras de la Secretaría de Salud, al menos el 90% de la población usa las plantas medicinales; de ese 90%, la mitad usa exclusivamente a las "yerbas" para atender sus problemas de salud; el otro 50%, además de las hierbas medicinales, usa la medicina alópata. (Pérez, 2009) Desde el punto de vista de la importancia taxonómica: México ocupa el segundo lugar a nivel mundial en el número de plantas medicinales registradas con 45 3 plantas, después de china que tiene registradas 5000. En tercer lugar está Colombia con 2600 plantas. Estos son los primeros lugares mundiales en herbolaria. De esas sólo se han estudiado en toda la historia unas 500. Por lo tanto, el consumo de plantas medicinales guarda una estrecha relación, ya que los tratamientos que se utilizan en la auto-atención en muchos de los casos son a base de infusiones o productos naturales elaborados con plantas medicinales cuyas propiedades curativas se basan en la experiencia de quien los consume o los recomienda. (Pérez, 2009). Con una cápsula se quita el dolor de cabeza, sin saber que el dolor de cabeza algún día será provocado por el exceso de cápsulas. Este diseño metodológico promueve la realización de huertos familiares de plantas medicinales, ilustrado, con descripción de algunas plantas y los pasos a seguir para tener en casa un huerto familiar de plantas medicinales. Desde la existencia de la humanidad, han prevalecido las plantas, diversidad de plantas y de utilidades que se le pueden atribuir a cada una de ellas, desde alimento altamente nutritivo, hasta contrarrestar enfermedades crónicas, con medicamento que puede estar en el jardín de la casa o en el campo desolado, en espera de que alguien lo utilice. A continuación, se presenta el diseño metodológico con la descripción de algunas plantas medicinales, el uso correcto; los pasos para la

realización de un huerto de plantas medicinales para uso familiar o como una fuente de ingresos al comercialarlo en el mercado local.

Objetivo

Promover la realización de huertos familiares de plantas medicinales para su consumo y su comercialización en el mercado local, y así generar ingresos económicos con recursos de la comunidad.

Objetivos específicos

Determinar la forma de consumo de plantas con propiedades medicinales en la zona mixteca

Evaluar los beneficios obtenidos por el uso de plantas con propiedades medicinales.

Establecer las reacciones adversas del uso de plantas con propiedades medicinales

MARCO CONCEPTUAL

Son plantas medicinales, todas aquellas que contienen en alguna de sus partes, principios activos, los cuales, administrados en dosis suficientes, producen efectos curativos en las enfermedades de la especie humana. Se calcula que de las 260.000 especies de plantas que se conocen en la actualidad el 10% se pueden considerar medicinales, es decir, se encuentran recogidas dentro de los tratados médicos de fitoterapia, modernos y de épocas pasadas, por presentar algún uso. Evidentemente, sobre todo en las regiones ecuatoriales, la proporción de especies medicinales puede variar sensiblemente de este porcentaje, ya que ni siquiera se conoce la totalidad de la flora. (Perez, 2008). El estudio de los componentes de las plantas medicinales se centra en las sustancias que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano o los seres vivos. Los principios activos de las plantas pueden ser sustancias simples (como alcaloides) o bien mezclas complejas (resinas, aceites esenciales, etc.) (Pérez, 2008).

1.- HISTORIA DE LAS PLANTAS CON PROPIEDADES MEDICINALES Desde tiempos ancestrales las culturas aborígenes han utilizado diferentes especies vegetales para curar ciertos tipos de males propios de cada zona geográfica, para ritos espirituales y como ornamentación ceremonial. Hoy en día hemos tomado estos conocimientos y los hemos incorporado a nuestra botica dándolos a conocer

como medicina alternativa. Dicho fenómeno forma parte de nuestra cultura del siglo XXI pero lo que hemos dejado de lado es el conocimiento que complementa este ancestral método de sanación, es el control energético tanto del cuerpo como el de la especie recetada o la combinación prescrita de complementarlos nuevamente a la medicina moderna. (Perez, 2008). 18 Los indígenas poseían un amplio conocimiento sobre los vegetales y yerbas medicinales, así como también de la anatomía del cuerpo humano. Lo que les permitió curar con certeza muchas de las enfermedades que se presentaban. (Guijarro, 2005). La utilización de hierbas para la curación, tiene orígenes muy remotos. Existen diferencias entre los diversos textos históricos sobre el origen de la curación por medio de plantas. Lo cierto es que entre los primeros pueblos que se beneficiaron con las hierbas figuran los asiáticos, como por ejemplo China. Más tarde lo hicieron los pueblos egipcios y hebreos, así como griegos y romanos. Las primeras descripciones de plantas medicinales surgen en los trabajos de Hipócrates, Teofrasto, Galeno y Celso, entre otros. (Guijarro, 2005). En América, diversas culturas se han destacado por la utilización de hierbas medicinales. Las civilizaciones mayas y aztecas estaban muy desarrolladas en este sentido, mucho más que los europeos. (Guijarro, 2005). En nuestro país, la medicina popular se originó en el medio rural, los guaraníes de las misiones tuvieron un papel importante. Lentamente fue penetrando a través de los curanderos y arraigándose en vastos sectores de la población. (Guijarro, 2005).

2.- MEDICINA ALTERNATIVA La medicina a través de la historia y sin tener en cuenta escuelas, tendencias y doctrinas, ha tenido y tiene un denominador común que es la búsqueda incesante de la salud, o lo que es igual, el estado de completo bienestar biológico, psíquico y social. Sin embargo, hoy día muchos países del mundo asisten al deterioro de los sistemas médicos y de la Salud Pública en general, por intereses mercantilistas que imponen desde los múltiples medicamentos hasta los métodos diagnósticos altamente sofisticados con un alto costo para el enfermo y mayores beneficios económicos para sus productores.(Vander, 2008). Un sistema de salud donde no primen estos intereses y los médicos puedan ejercer una medicina libre de prejuicios, libre de todo pensamiento que no sea el 19 de curar. En este afán de buscar respuesta a muchas

inquietudes y nuevas posibilidades terapéuticas que conduzcan a la mejoría o curación sin daño o deterioro del hombre, abrimos las puertas a un nuevo campo terapéutico que se abre paso en el mundo contemporáneo. (Vander, 2008). La medicina forma parte del contexto natural de los pueblos lo que explica que el uso de los recursos naturales, especialmente el de las plantas y entre ellas las medicinales, alcanzan niveles diferenciados de adecuación en directa relación con el desarrollo de la sociedad, así mientras en los pueblos primitivos o subdesarrollados mantiene su carácter estrictamente empírico en los altamente desarrollados es simplemente la materia prima del que gracias al avance extraordinario de la tecnología y la ciencia se ha logrado tener una visión más aproximada de su composición química, lo que junto al mejor conocimiento de la biología sobre todo a nivel celular, permite lograr cada vez sea más precisa en su acción. (Vander, 2008). El análisis de la medicina alternativa basada en principios remarca la importancia de ayudar a los pacientes a lograr sus propios objetivos de salud de una manera culturalmente sensitiva pero consistente con el conocimiento. (Seeff, 2008). En las comunidades rurales las plantas medicinales se usan para la cura de diferentes molestias, uso que está asociado con la presencia de agentes de medicina tradicional identificados como: brujo (que hace limpias), curador de espanto, curador de mal aire, curador de lisiados, muchos de los cuales poseen un profundo conocimiento de la herbolaria. (Seeff, 2008).

3.- FORMAS DE CONSUMO

El uso de las plantas medicinales tiene una historia honorable, ya que en determinados momentos todos los medicamentos se obtenían de fuentes naturales. Este evento dio lugar al establecimiento de una relación muy cercana y productiva entre el hombre y su medio vegetal. (Infinito, 2008). Las plantas medicinales pueden actuar desde el plano físico (tejidos, órganos, y sistemas del cuerpo), estados mentales, emocionales o incluso el campo energético y espiritual, como en el uso de esencias florales. (Infinito, 2008). Muchas de las plantas medicinales tienen múltiples formas de uso. Y muchos de estos remedios pueden complementarse o tener efectos similares. Podemos beneficiarnos de las propiedades de las plantas por medio de alimentos o bebidas, baños, inhalaciones, gargarismos, masajes,

emplastos. (Infinito, 2008). A su vez, muchas hierbas medicinales son utilizadas con fines profilácticos para mantener o favorecer un estado de buena salud, o prevenir la ocurrencia de ciertas patologías. Muchas de estas hierbas son conocidas popularmente y promocionadas como seguras y eficaces. Debido a ello, no siempre es fácil entender, para los consumidores crónicos, por qué estas prácticas pueden ser riesgosas. (Infinito, 2008)

DESARROLLO

Utilizar plantas medicinales para tratar enfermedades comunes y crónicas, con la dosis necesaria y la forma de prepararla. Tener a disposición un huerto familiar de plantas medicinales para su consumo o para venderlo en el mercado. Crear una cultura productiva, sostenible y de iniciativa para la realización de proyectos.

¿Por qué se hizo este diseño metodológico?

¿Qué es un huerto?

Lugar, preparado para plantar verduras, hortalizas o plantas medicinales. Puede tener un metro a cinco metros cuadrados



¿Para qué realizar huertos de plantas medicinales?

Las plantas medicinales son más fáciles de conseguir, ocupan poco espacio, algunas plantas medicinales curan más de una enfermedad, no tienen fecha de vencimiento.



¿Qué beneficios tiene consumir plantas medicinales?



Se consigue en cualquier parte: en el campo, en el jardín o en el bosque, no tiene ningún costo y es fácil de preparar

¿En qué momento realizar un huerto?

“Cuando sembramos al inicio de la época de lluvias, se garantiza el agua suficiente para las plantas”



Descripción de algunas plantas medicinales

Ajo

Nombre común: Ajo Nombre en idioma k'iche': Axux

Característica general: Originario de China, se cultivan en regiones cálidas y templadas, consta de varios dientes pegados entre sí que llegan a tener una forma circular, de aproximadamente 2 centímetros de diámetro.

Utilidad medicinal:

UTILIDAD COMÚN MODO DE PREPARACIÓN DOSIS CONTRAINDICACIONES

Parásitos y diarrea Niños: Un diente de ajo picado en agua hervida o fría, se fieltra.

Adultos: 2 dientes de ajo y 1 vaso de agua Niños: 2 cucharadas en un día. Adultos:

1 vez al día por dos días. El exceso puede provocar vómito

Otras utilidades medicinales atribuidas: Se usa para desmayos, infecciones en la piel. También se puede utilizar para combatir la diarrea, dolor de estomago, gastritis, para parásitos.

Albahaca

Nombre común: Albahaca cimarrona

Nombre en idioma k'iche': Alb'aak

Característica general: Originario de Asia, pero se ha cultivado en Mexico, planta que llega a tener 2 metros de alto, olorosa, hojas puntiagudas de color verde o moradas, flores sin tallo, moradas o blancas, semillas brillantes café oscuro o negro, es velluda, se cultiva en jardines y huertos.

Utilidad medicinal:

UTILIDAD COMÚN MODO DE PREPARACIÓN DOSIS CONTRAINDICACIONES

Para combatir la tos, diarrea, bronquitis, catarro, fiebre, resfrío, tos, inflamación en vías urinarias y la disentería. Hervir un manojo de 4-5 ramitas en 1 litro de agua.

Medio vaso 3 veces al día antes de dormir La sobredosis produce efecto narcótico

Congestión nasal Secar las hojas para que se vuelva polvo. 3 veces al día La sobredosis produce irritación

Apazote

Nombre común: Apazote, epazote, pazote

Nombre en idioma k'iche': Sikäj

Característica general: Se localiza en toda Guatemala, hierba de olor fuerte, de unos 30 centímetros de alto, de color verde, con muchas ramas y hojas. ∞ Utilidad medicinal:

UTILIDAD COMÚN MODO DE PREPARACIÓN DOSIS CONTRAINDICACIONES
Disentería 6 a 8 hojas hervirlas en medio litro de agua 1 vaso, tres veces al día
Puede producir dolor de cabeza, náuseas, vómitos. El exceso produce intoxicación y puede ser abortiva.

Cebolla

Nombre común: Cebolla

Nombre en idioma k'iche': Sib'oy

Característica general: Bulbo jugoso, se cultiva en toda Guatemala, principalmente en Sololá, tallo de unos 50 centímetros, compuesta de finas capas que le dan forma circular.

Utilidad medicinal:

UTILIDAD COMÚN MODO DE PREPARACIÓN DOSIS CONTRAINDICACIONES
Desparasitante, gastritis Picar y licuar una cebolla cruda, puede se acompañada con un limón Consumir la cantidad que se obtiene, se repite por 2 ó 3 días. ∞ Otras utilidades medicinales atribuidas: Favorece la digestión, calma la tos. Evita la gripe, el catarro, amigdalitis y la tos.

Eucalipto

Nombre común: Eucalipto.

Nombre en idioma k'iche': B'iks. ∞ Característica general: Árbol que se cultiva en toda Mexico, con olor característico a mentol, de hojas largas de unos 25 centímetros, flor amarilla, llega a medir unos 30 metros.

Utilidad medicinal:

UTILIDAD COMÚN MODO DE PREPARACIÓN DOSIS CONTRAINDICACIONES
Para curar el catarro, gripe y tos Cocer 8 ó 10 hojas en medio litro de agua por 15 minutos y esperar a que se ponga tibia Tomarla antes de dormir y abrigarse bien El aceite que se puede obtener del eucalipto puede ser Para quitar el nocivo.

METODOLOGIA

Tipo de estudio

Estudio de tipo analítico, prospectivo con diseño cuantitativo, y de enfoque transversal, de los cuales los objetivos forman parte de un proyecto de invernaderos y cuyos resultados contribuirán a la elaboración de un manual de uso práctico de plantas con propiedades medicinales.

El proyecto se realizó en la región mixteca ubicada en la región suroeste del estado de Veracruz, ver. En donde el nivel general de desarrollo es notablemente retrasado dado su aislamiento y su desarrollo económico que es muy lento con relación a otras comunidades.

Una muestra de 60 familias encuestadas. Se aplicó el muestreo probabilístico por conglomerado que corresponden a cada una de ellas y el número de personas es proporcional al número de habitantes.

Para el desarrollo se utilizaron las siguientes herramientas:

Encuesta .-Este método fue seleccionado debido a que nos permitió recolectar de forma rápida, mediante un cuestionario de preguntas dirigidas hacia la comunidad hasta completar la muestra planteada,

Para cumplir con los objetivos del estudio se procedió a aplicar una encuesta a la comunidad, la misma que consta de 11 preguntas, 3 abiertas y 8 cerradas, se acompañaron de un esclarecimiento de preguntas y dudas mediante lenguaje sencillo y claro por parte de los encuestadores. Se obtuvo datos sugestivos que fueron de ayuda para la revisión bibliográfica sobre el uso de plantas con propiedades medicinales de la comunidad.

CONCLUSIÓN

Respecto a las partes usadas de cada especie de la flora medicinal se encontró que la mayoría de éstas utilizan las hojas. Y las plantas más usadas fueron manzanilla, menta, escancel, hierba luisa, ruda, toronjil, para (dolencias gástricas, infecciones, nerviosismos e incluso como toma diaria), son obtenidas de sus sembríos y elaboradas en el hogar. Un resultado diferente al que se pudo observar en algunos trabajos se obtuvo que consumen plantas medicinales en forma mezclada.

(Navarro, 2012). Estos resultados tienen relación con los encontrados en estados de México donde la población en general no posee los conocimientos suficientes para un consumo responsable de las hierbas. Las amas de casa no distinguen un cocimiento de una infusión; no saben que las plantas aromáticas no se hierven, no saben que de la manzanilla sólo se usan las flores y que sólo se preparan en infusión. Tampoco saben que los tés, ya hechos, no se deben guardar y mucho menos con la planta, ya que con el tiempo se extraen taninos que pueden ser tóxicos al hígado, principalmente en niños. (Carbonell, 2007). La mayoría de la población expresó que el beneficio que le proporciona usar las plantas medicinales es que les evita ir al médico, y son más fáciles de conseguir por lo que curan sus dolencias y su consumo no les causa daño. Aunque en el presente estudio no se reportaron reacciones adversas. Existen contradicciones con respecto de lo que se piensa sobre la seguridad de las plantas medicinales o productos naturales, pues estos sí producen reacciones adversas. (Carbonell, 2007). Las plantas mencionadas en esta investigación aunque se conociera que son de uso habitual y que se han utilizado para tratar padecimientos de salud y de hecho se mencionan cuáles han sido sus aplicaciones para combatir enfermedades no se recomienda que se utilicen con el fin de sustituir a medicamentos que pueda estar tomando en la actualidad, o que sin consultar a un médico se comience a hacer uso de infusiones, extractos, etc, de plantas sin saber si puede producirse alguna interacción no deseable o pueden aparecer efectos secundarios que perjudiquen su estado de salud. Esto no quiere decir que el uso de esas plantas no sea realmente útil y beneficioso sino que para hacer uso correcto y responsable de las mismas como remedio único, o para integrarlas junto a otros tratamientos, es necesario que sea consultado al médico. (Villar, 2007).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guijarro, M. (2007). Las Plantas Medicinales y su seguridad. *J. Nexus Médica*, 120-170.
- Herranz, V. (2008). Consumo de hierbas medicinales en pacientes prequirúrgicos en el Hospital General de México. *medigrafic*, 1-5.
- Menseguez, P. (2007). El uso de plantas medicinales. (Volumen especial de Etnobotánica), 89-102.
- Morón, F. (2008). Evidencia y uso de plantas medicinales en los sistemas de salud. Scielo.
- Morey, J. (2007). La medicina tradicional en las universidades médicas. Scielo.
- Navarro, C. (2012). Salud Pública Internacional. Las mujeres utilizan casi el doble de plantas medicinales que los hombres
- Ocampo, R. (2008). Domesticación de plantas medicinales. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).115-128.
- Orgaz, V. (2006). Valoración del consumo preoperatorio de plantas medicinales. *Revista española de anestesiología*.
- Sabina, A. (2010). Why patients use alternative medicine: results of national study. (*Journal of the American Medical Association*). 13-36.
- Santillán, M. L. (2012). El uso tradicional de las plantas medicinales, un aporte para la ciencia. *Salud Ciencia UNAM*.
- Shetty, P. (2010). Medicina tradicional y moderna: Hechos y cifras. *SciDev Net*.
- Seeff, B. (2008). Complementary and Alternative Medicine In Chronic Liver Disease. (Summary of an NIH workshop), 47-223

MEJORA DE LA CALIDAD DE UN FRUTERO FABRICADO DE MADERA DE PINO DE REUTILIZACIÓN

JUAN JOSÉ MALDONADO GARCÍA,¹ JOSÉ CARLOS PÉREZ MORA,² BRISA BERENICE VILLEGAS MALAGÓN.³

RESUMEN

Se aborda el problema del fenómeno de desplazamiento que se presenta en la madera de pino de reúso que utiliza la empresa Muebleros de Taximaloyan S. de R. M. L.I. para fabricar fruteros. Se realizó el estudio para determinar el mejor diseño de acuerdo a las opciones que el productor solicitó, estas derivan en dos variables dimensionales correspondientes al grosor de 4 diferentes medidas: 2.5 cm, 3 cm, 4 cm y 4.5 cm, y el diámetro de 2 medidas en: 40 cm y 42 cm; los resultados del estudio muestran diferentes niveles de variabilidad para cada uno de los 8 prototipos que se fabricaron, se observa la tendencia entre la relación del tamaño del diámetro y su grosor.

La información obtenida permite tomar decisiones para estandarizar el diseño para la fabricación del frutero en función a la minimización del efecto de desplazamiento en la madera reutilizada.

Palabras clave: Calidad, Diseño, Optimización.

ABSTRACT

The problem of the twisting phenomenon that occurs in the reuse pine wood use by the company Muebleros de Taximaloyan S. de R. M. L.I. to make fruit bowls it is presented in this article. The study was conducted to determine the best design according to the options that the producer requested, these derive in two dimensional variables corresponding to the thickness of 4 different measures: 2.5 cm, 3 cm, 4 cm and 4.5 cm, and the diameter of 2 measures in: 40 cm and 42 cm;

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. jmaldonado@cdhidalgo.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. jperez@cdhidalgo.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. [bvillgas@cdhidalgo.tecnm.mx](mailto:bvillegas@cdhidalgo.tecnm.mx)

the results of the study show different levels of variability for each of the 8 prototypes that were manufactured, the tendency is observed between the ratio of the size of the diameter and its thickness. The information obtained allows decisions to be made to standardize the design for the manufacture of the fruit bowl in function of the minimization of the twisting effect on the reused wood.

Key words: *Wood Reuse, Quality, Design, Optimization*

INTRODUCCIÓN

Cada vez es más común la práctica de reciclar y de reutilizar residuos de madera para la fabricación de nuevos productos y aplicaciones. La versatilidad de la madera permite construir una gran variedad de productos. Reciclar la madera trae beneficios medioambientales, no solamente la vida útil de la madera se extiende, sino que además el carbón contenido en su interior se conserva y queda almacenado en el nuevo producto. [5].

Existe una variedad de usos que se le hace a los desperdicios de los procesos de transformación de la madera desde nivel internacional hasta en un nivel rural. Por ejemplo, en Japón las virutas de madera son recicladas por un fabricante de la tarjeta en el tablero de partículas, que puede ser utilizado como material de construcción para los pisos y las paredes de casas, y como material en los sitios de construcción y las fábricas. Los tableros de partículas que pueden convertirse en residuos de construcción se pueden reciclar una y otra vez a través de la trituración y la producción de virutas [4].

La madera que se corta y se explota, el 60% de esta es desperdicio, de esto el 20% se aprovecha o se utiliza en otro proceso industrial, el aserrín, la viruta y esos pequeños pedacitos son llevados a un basural y se quema, por lo que genera una gran cantidad de humo que contamina una gran zona, este no solo es el principal daño ambiental que genera el aserrín, cuando llueve, este es arrastrado hacia las napas frías que son utilizadas por la gente y animales para tomar agua. [3].

Se han propuesto diversos proyectos de diferentes magnitudes relacionadas a la reutilización de la madera desde generar energía en forma distribuida a partir de la utilización del aserrín y viruta, mediante la fabricación de pallet compactado en forma cilíndrica que sirve para producir energía térmica con las mismas propiedades de la madera, [6].

En el municipio de Hidalgo, la actividad económica más importante es la transformación de la madera, existen una gran cantidad de las empresas muebleras y aserraderos, pero pocos le dan un aprovechamiento como tal adecuado, algunas empresas lo queman debido a que este estorba en sus procesos productivos y no tienen otra manera de aprovecharlo y éstas no se ven beneficiadas por un ingreso de dicho material e incluso afectan al medio ambiente, algunas otras encostalan los recortes para venderlos en los molinos de leña y no se le da un aprovechamiento como tal que les pueda generar la mayor utilidad para la empresa.

La necesidad de reducir los efectos que genera la acumulación del desperdicio en cuanto a la reducción de las áreas de trabajo fue el principal motivo que orientó al Ing. Salvador Pérez Nieto, propietario de la empresa Muebleros de Taximaloyan S. de R.M. L.I. en buscar alternativas de reutilización de la madera. Además, que se verá reflejado en el aumento de la eficiencia de las operaciones propias de los procesos de transformación de la madera.

Quizá el principal problema que genera el hecho de tener el desperdicio por largos periodos de tiempo es sin duda las condiciones inseguras que incrementan los riesgos por la exposición a lesiones o peligros contra su integridad física de los empleados, que como ya se mencionó en el párrafo anterior, reduce la eficiencia en el desarrollo de sus actividades. [2]

Actualmente en la empresa el volumen de desperdicio generado es importante y es directamente proporcional al volumen de producción; al respecto se han realizado estudios para crear estrategias de maximización de la madera, no obstante, es ineludible utilizar al 100% las tablas por el propio proceso de maquilado, por el tamaño de la tabla, la calidad de la tabla, entre otros aspectos que no se abordarán en el presente estudio.

El desperdicio generado implica costos a la empresa ya que requieren de la contratación de personal externo al taller para llevárselo; desafortunadamente la gran proporción del desperdicio que se genera en los talleres de muebles en el municipio de Hidalgo va a parar como combustible en las galeras productoras de tabique, esto repercute en la contaminación ambiental.

El propósito de la investigación es lograr desarrollar un producto hecho a base del desperdicio de la madera de pino que cumpla con las características de calidad para su comercialización en la empresa Muebleros de Taximaloyan S. de R.M. L.I. partiendo de la atención al problema del fenómeno de desplazamiento que presenta el producto.

METODOLOGÍA

2.1 Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación se definió como cuantitativo, de campo, experimental y descriptivo; debido a que se recolectaron datos acerca del tipo y nivel de desperdicio de madera que genera el proceso productivo. Se diseñó un instrumento de recolección de datos numéricos, se utilizó el programa de Excel para facilitar el tiempo de procesamiento de la información. La parte experimental se desarrolló directamente en la empresa a través de un diseño y desarrollo de pruebas sobre los efectos de deformación de la madera específicamente en el desplazamiento que sufre durante y después del proceso.

2.2 Instrumentos de recolección de la información

Los instrumentos utilizados para esta investigación son: un diagrama de flujo para poder conocer de manera visual el proceso de fabricación de forma detallada del frutero, también se realizaron dos entrevistas, apoyadas de cuestionarios al dueño de la empresa con la finalidad de obtener información muy precisa acerca de la calidad del producto, los materiales, el proceso y el desperdicio obtenido al finalizar la producción. Además, se realizaron entrevistas a los dueños de aserraderos y empresas mueblaras acerca de la utilización y disposición de los desperdicios de madera que generan sus procesos para complementar el marco teórico de la presente investigación. Así mismo se realizó un diseño de experimentos para

describir cada uno de los prototipos y medir el desplazamiento para concluir considerando las que pudieran contribuir al surgimiento del desplazamiento en la madera y se validó que la variable independiente sería las dimensiones físicas del producto: diámetro y grosor de las piezas; la variable dependiente se asignó al nivel de desplazamiento.

2.3 Diseño de prototipos

Se diseñaron y fabricaron 8 prototipos de frutero de acuerdo a las recomendaciones del productor y al análisis de la funcionalidad del producto, se midió el efecto de desplazamiento en la madera; de acuerdo a la experiencia del productor, se estableció el tiempo de 5 días después de su fabricación para medir el grado de desplazamiento y poder determinar un estándar de producción y generar un producto que cumpla con todos los requerimientos de calidad.

Figura 1. Prototipos iniciales, con diferentes formas de pegado, grosores, diseños y diámetros



El proceso comienza seleccionando las tiras de madera verificando que estén en buen estado, contando con la calidad deseada como es que no esté picada, rota, cuente con tecas, etc. Después se utiliza un pegamento 950 con el cual a mano se va untando por un costado de cada tira para así pegarlas una por una en forma vertical, y al final al contar con las tiras necesarias se sujetan con una prensa llamada sargento para así dejar secar por media hora la tabla de tiras, al estar en esta prensa se baña con un líquido antiparásitos para que no se dañe la madera y conserve la calidad deseada.

Se continúa cepillando la tabla de tiras para que se empareje con un cepillo esto fuera del taller, después se procede a cortar cada una de las tiras necesarias para el frutero comenzando por las más largas hasta las más cortas en forma horizontal, cada una de estas se pasan a un cepillo de 36 cm para terminar de pulirse. Después se comienzan a pegar cada una de las tiras pulidas empezando por las más largas hasta las más pequeñas y con la misma prensa se deja secar otra vez en lo cual se lleva una 1 hora en estas dos operaciones, después se pasa a una cierra cinta circular en la cual se la da una ligera forma circular, para continuar el operario verifica cual es la mejor cara de la pieza, después centra una base que sirve para montar la pieza al torno, prosigue por atornillar la base a la pieza.

Después monta la base al Chuck del torno verificando que la pieza quede bien sin que rose a la hora de girar. Continúa realizando un careado sobre la pieza en la parte frontal y en el costado de forma manual con ayuda del torno hasta que la cara se encuentra uniforme para así poder meter un código predeterminado al torno y este haga la forma del producto en esta operación se llevan 25 min. Así mismo en la parte de atrás del producto se le realiza un pequeño hueco en el torno que servirá para montar el balero, también se le realizan orificios con un taladro para agregar los tornillos que lleva el balero.

Figura 2. Proceso de careado del frutero



Se continúa lijando con una pulidora toda la pieza y se le da un retoque con una lija a mano las partes que la pulidora no alcanza a cubrir. Después se le aplica con una pistola laca a base de agua y se deja secar media hora el producto.

Por último, para agregar el balero se realiza una circunferencia de madera, y con ayuda de la cierra cinta se corta para después pulirla, se le sujeta con el balero y después se le agrega al producto.

Tabla 1. Características dimensionales de los prototipos de frutero

Prototipo	Grosor en (cm)	Diámetro en (cm)
A1	2.5	40
A2	2.5	42
B1	3	40
B2	3	42
C1	4	40
C2	4	42
D1	4.5	40
D2	4.5	42

2.4 Medición del efecto de desplazamiento

Para la medición del desplazamiento en cada uno de los prototipos, se fabricaron 2 de cada uno, sumando en total 16 piezas, se realizaron 4 medidas por prototipo (2 por ambas caras del producto). Se colocó el producto sobre la superficie plana para así colocar la regla metálica en la cara superior del producto de forma céntrica vertical, se tomó una medida referencial en la parte exterior del producto con el vernier, tomar una medida en el centro de la pieza, de igual forma se hizo una segunda medida cambiando de posición la regla de forma horizontal repitiendo el proceso, después se realizaron estas mismas mediciones en la otra cara del producto registrando dichas medidas en una hoja de verificación.

2.5 Materiales

Los materiales utilizados para la medición son: mesa con una superficie plana, una regla metálica, un vernier digital y hojas de verificación.

RESULTADOS

3.1 Efecto de la relación dimensiones diámetro-grosor / desplazamiento

Para tener un marco de referencia inicial, se parte de valores 0 desplazamiento de acuerdo al valor obtenido una vez que el prototipo de frutero se ha fabricado y después de 5 días de su producción, se realizaron las mediciones, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 2. donde se muestra el promedio de desplazamiento y la desviación estándar calculado a partir de mediciones.

Tabla 2. Medidas promedio de desplazamiento iniciales y finales de los prototipos en milímetros

Prototipo	Inicial (Medida referencial)	Final	Diferencia
A1	0 mm	0.39 mm	0.39 mm
A2	0 mm	0.29 mm	0.29 mm
B1	0 mm	0.42 mm	0.42 mm
B2	0 mm	1.05 mm	1.05 mm
C1	0 mm	0.13 mm	0.13 mm
C2	0 mm	2.86 mm	2.86 mm
D1	0 mm	1.39 mm	1.39 mm
D2	0 mm	0.39 mm	0.39 mm

El prototipo C1 muestra el promedio de desplazamiento más bajo con un valor de 0.13 mm, seguido del prototipo A1 y D1; de acuerdo a las características dimensionales expuestas en la tabla 1; la letra (A, B, C, D) connota el grosor y el número (1, 2) hace referencia al tamaño de diámetro del frutero; los resultados favorables muestran que el diámetro influye y es para los prototipos 1 (diámetro de 40 cm) la mejor recomendación para el productor; se encontró que el promedio general para los prototipos de connotación 1 y 2, fue inferior de 0.58 mm para los de diámetro 1 y 1.29 mm para los del diámetro de 42 mm.

En cuanto a la variabilidad de la muestra, los prototipos 1 de 40 cm tienen una mayor consistencia entre sus valores. Al realizar la comparativa entre las medidas por su grosor: A (2.5 cm), B (3 cm), C (4 cm) y D (4.5 cm) se dictaminó que el promedio de desplazamiento más bajo corresponde a los prototipos de connotación A (2.5 cm) y la desviación estándar más baja es para el grosor B (3 cm), los cálculos de apoyo a la aseveración se realizaron a través de una hoja de Excel. Por otra parte, se realizó un análisis unitario para el desempeño de los parámetros de la media y desviación estándar por prototipo como se observa en la tabla 3. En la cual se observa que el prototipo C1 tiene el menor promedio y desviación estándar de desplazamiento.

Tabla3. Parámetros unitarios por prototipo.

Prototipo	Promedio mm	Desviación. estándar. Mm
A1	0.390	0.234
A2	0.600	0.826
B1	0.423	0.095
B2	1.053	0.304
C1	0.135	0.083
C2	2.865	0.960
D1	1.390	0.8636
D2	0.390	0.3455

Una vez analizada la información de los parámetros mostrados en la tabla 3, permite argumentar la recomendación al productor sobre las dimensiones que debe manejar como estándar para que el efecto del desplazamiento que sufre la madera de reúso sea la mínima, para el caso del estudio el mejor prototipo es el C1.

DISCUSIÓN

A través del desarrollo del proyecto se encontraron oportunidades de mejoramiento del producto, será necesario estudiar otras variables que deriven del método de sujeción para el pegado de la pedacería de la madera, se visualiza la necesidad de fabricar una prensa con las dimensiones justas para reducir la variabilidad que la uniformidad del frutero, lo cual hará un proceso más eficiente.

Para ser considerados como un producto de calidad, debe cuidarse que de estos no sean demasiado gruesos, tener un diámetro inadecuado y ser bastante pesados. De igual forma considera que la calidad que tiene un producto tiene relación con la disciplina que se tiene a la hora de la fabricación, ya que el producto debe ir perfecto desde el principio de la fabricación para cumplir con las necesidades del cliente.

Los resultados observados permiten conocer el grado de desplazamiento que tiene las partes pegadas de las piezas de madera, aunque bien es cierto que la calidad de pegamiento pudiera minimizar los efectos adversos, también es una realidad que las dimensiones del frutero influyen sobre la forma en que la madera trabaja, por tanto, el impacto puede minimizarse significativamente una con el diseño característico del prototipo C1.

Los resultados alcanzados dejan claras evidencias de los efectos dimensionales, por ello si es un factor de influencia las dimensiones del ancho del plato y el diámetro.

CONCLUSIONES

Se logra conocer las dimensiones ideales del frutero de madera de reúso para mitigar el efecto de desplazamiento, las dimensiones recomendadas de los 8 prototipos sometidos a experimentación arrojan que el modelo ideal es del C1 correspondiente al frutero de 40 cm de diámetro y 4 cm de grosor. Los resultados del promedio de desplazamiento mostraron el valor más bajo con 0.135 mm, además la desviación estándar más baja con 0.083 mm.

Se encontró una fuerte relación diámetro/desplazamiento, debido a que los prototipos A1, B1, C1 y D1 mostraron un comportamiento inferior en el promedio de desplazamiento respecto a los prototipos A2, B2, C2 y D2. Por tanto, se recomienda al productor que el producto a fabricar entre las 8 opciones que presentó, sea de acuerdo a las características dimensionales del prototipo C1.

El resultado obtenido de la investigación ha permitido que el empresario productor del frutero tenga el estándar definido, con las características dimensionales ideales para dar mayor vida útil al producto, con ello se ha logrado que toda la pedacería de madera sobrante de sus procesos productivos se le agregue valor, los parámetros dimensionales están definidos.

Se recomienda hacer un estudio sobre el tamaño de corte de la madera sin descuidar la estética del producto, con la finalidad de mejorar la adhesión y reducir la cantidad de pegamento suministrado; finalmente, se recomienda crear un proceso más sofisticado en el careado de las caras del frutero, lo cual representa una sólida opción de fortalecer la calidad del producto, una vez que se haya controlado el problema de desplazamiento de la madera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El Consejo Nacional de la Madera en la Construcción "COMACO" (S/F) normatividad vigente. Recuperado de: <http://www.comaco.com.mx/normatividad.html>

Esteban, A. (2013) norma mexicana. Recuperado de: www.ens.uabc.mx/documentos/NMC-AA-162-SCFI-2012_DOE_02-10-2013.pdf

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), (2011). Del aserrín al pallet- una solución sustentable [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=Wx4SV1A-_AQ.

Ishizaka, Y. (2014). Japan For Sustainability. Obtenido de Adachi de Tokio recicla residuos de madera voluminosos, primero en Japón: http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id034834.html&prev=search

Newmedia (2017) Reciclaje y residuos de la madera. Recuperado de: <http://infomaderas.com/2013/04/19/reciclaje-y-residuos-de-madera/>

Ramírez, C. (2006). Gestipolis. Utilización de residuos forestales. Recuperado de: <https://www.gestipolis.com/utilizacion-de-residuos-forestales/>

DESINFECCIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE EL EMPLEO DE LUZ UVC

LUIS DE JESÚS MONTERO GARCÍA,¹ ABRAHAM CASTILLO GONZÁLEZ,² OLGA YANETH CHANG ESPINOSA,³ OSCAR TORRES MONFIL.⁴

RESUMEN

La desinfección de superficies es un tema que hoy en día ha tomado gran fuerza debido a la contingencia de salud que vivimos. La desinfección tradicional de superficies se realiza de forma manual, empleando soluciones desinfectantes, lo que implica tiempos prolongados para dicha tarea. Una alternativa a este proceso es el empleo de equipos de control remoto que integren la luz UV como tratamiento de desinfección. El empleo de luz UV permite disminuir la presencia de microorganismos hasta en un 99 %, representando una alternativa prometedora para la desinfección de superficies. En el presente proyecto se realizó el diseño y armado de un prototipo de equipo que permitiría poder desinfectar, dentro de una habitación, diferentes lugares que en la actualidad, los equipos desarrollados no lo permiten, mejorando el proceso y haciéndolo más eficiente. Este prototipo consiste en una plataforma que contiene 4 motores que mueven un sistema tipo oruga, que le permite tener un independencia en su movimiento, al no tan solo poderse mover en línea recta o reversa, si no que además dará una vuelta de 180 grados en casi su propio eje con este sistema se proporciona una gran movilidad en lugares pequeños, así mismo el diseño contempla, sistemas de sensado que impedirían que el equipo pudiera colisionar con algunos obstáculos que pudieran estar en cierto rango de movimiento. El equipo podría contar con un subsistema que sería un brazo articulado con libertad amplia y un gripper que sujetará una lámpara de luz UV de dimensiones más pequeñas donde todo el equipo podrá ser manipulado mediante una aplicación en un smartphone el cual, mediante vía remota, accederá al equipo

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Perote. jesusmonterogarcia@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Perote. castilloglez88@gmail.com

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Perote. ochang@live.com.mx, ingmonfil@gmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Perote

y vía wifi manipulará la movilidad ya que además contará con una cámara en tiempo real que facilitará su operación dentro de los lugares que se consideren peligrosos para su ingreso antes de su desinfección. Para evaluar el proceso de desinfección se realizaron pruebas empleando como microorganismos modelo *Saccharomyces cerevisiae*, dicha levadura se inoculó en cajas petri que después se irradiaron con luz UVC de 30 W. Los resultados mostraron que el empleo de la luz durante 10 min elimina más del 90% de UFC a una distancia entre 20 y 100 cm. El empleo de luz UVC puede ser una alternativa para la desinfección de superficies y áreas para asegurar el bienestar humano.

Palabras Clave: Desinfección, luz-UVC, microorganismos, salud, sistemas-remotos

ABSTRACT.

The disinfection of surfaces is an issue that today has taken great force due to the health contingency that we live. Traditional disinfection of surfaces is done manually, using disinfectant solutions, which implies long times for this task. An alternative to this process is the use of remote control equipment that integrates UV light as a disinfection treatment. The use of UV light reduces the presence of microorganisms by up to 99%, representing a promising alternative for the disinfection of surfaces. In this project, the design and assembly of a prototype of equipment was carried out that would allow to be able to disinfect, within a room, different places that currently, the equipment developed does not allow it, improving the process and making it more efficient. This prototype consists of a platform that contains 4 motors that move a caterpillar-type system, which allows it to have independence in its movement, not only being able to move in a straight or reverse line, but it will also make a 180 degree turn in almost its own axis with this system, great mobility is provided in small places, likewise the design contemplates sensing systems that would prevent the equipment from colliding with some obstacles that could be in a certain range of motion. The equipment could have a subsystem that would be an articulated arm with wide freedom and a gripper that will hold a UV light lamp of smaller dimensions where all the equipment can be manipulated through an application on a smartphone

which, remotely, will access to the equipment and via Wi-Fi it will manipulate mobility since it will also have a real-time camera that will facilitate its operation within places that are considered dangerous for entry before disinfection. To evaluate the disinfection process, tests were carried out using *Saccharomyces cerevisiae* as model microorganisms, said yeast was inoculated in petri dishes that were then irradiated with 30 W UVC light. The results showed that the use of light for 10 min eliminates more than 90 % CFU at a distance between 20 and 100 cm. The use of UVC light can be an alternative for the disinfection of surfaces and areas to ensure human well-being.

Keywords. Disinfection, UVC-light, microorganisms, health, remote-systems

INTRODUCCIÓN

La luz UV es una porción del espectro electromagnético situada entre los rayos X y la luz visible, con longitudes de onda entre 11 y 400 nm. Dentro de este rango de onda se subdividen cuatro porciones, luz UV de vacío, UVC, UVB y UVA, con longitudes de onda entre 11-200, 201-280, 281-315 y 316-400 nm, respectivamente. De esta clasificación la luz UVC y UVB es considerada como germicida ya que puede inactivar microorganismos como virus, bacterias y protozoos. Los microorganismos son particularmente vulnerables a la luz UV a longitudes de onda cercanas a 254 nm (UVC), ya que esta longitud de onda es la máxima absorbida por las moléculas de ácido desoxirribonucleico. a nivel celular, la luz UV es absorbida por los ácidos nucleicos, produciendo dímeros de pirimidina y otros productos letales. Esto produce cambios en la estructura de doble hélice, la mutación de las células y su muerte (Sánchez *et al.*, 2012). De la misma manera, la exposición de la piel humana al sol tiene efectos negativos. La luz UVA provoca el bronceado solar, la luz UVB causa quemaduras y eventualmente cáncer y la luz UVC al igual que en los microorganismos, es absorbida por ARN, ADN y proteínas, lo que conduce a daño celular, mutación, cáncer y muerte celular (Gray, 2014), por lo que se deben implementar las medidas de seguridad pertinentes para poder emplear la luz UV.

El empleo de luz UV para la desinfección, tiene amplia aplicación dentro del proceso de tratamiento de potabilización de agua (Gray, 2014). El empleo de luz UV para realizar desinfección de superficies y en específico de departamentos dentro de los centros de salud tiene una eficiencia de desinfección de hasta un 99 % (Sánchez *et al.*, 2012; Rutala *et al.*, 2010), por lo que se vislumbra como un método prometedor para realizar dicha actividad.

Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la luz UVC sobre la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, así como el desarrollo de un prototipo para la desinfección de superficies de forma remota.

METODOLOGÍA

Efecto de la luz UVC sobre *Saccharomyces cerevisiae*

Las pruebas se realizaron empleando una lámpara de repuesto de UV Philips 30 W. Esta emite principalmente luz UVC a una longitud de onda de aproximadamente 254 nm. Se empleó como organismo modelo a *Saccharomyces cerevisiae*. La levadura se inoculó, con tres azar, en medio YPG y se incubó a 100 rpm, 20 °C durante 48 h. Posteriormente se tomaron alícuotas de 100 µL y se dispersaron sobre medio PDA contenido en cajas petri. Las cajas se trataron con la luz UVC durante 10 min a diferentes distancias de exposición (20, 40, 60, 80 y 100 cm) y después fueron incubadas a 20 °C durante 48 horas. Al final se contaron las unidades formadoras de colonias (UFC) de cada una de las cajas. Cada prueba se realizó por triplicado.

Diseño y ensamble de equipo para desinfección de forma remota

El diseño del equipo se realizó empleando AutoCAD. Para realizar el ensamble del equipo se empleó un programa especial para diseño 3D, SolidWorks, este permite generar piezas y evaluar parámetros dinámicos del modelo así mismo simularlo en forma tridimensional. En una primera etapa se realizó el armado de un prototipo, el cual contiene un sistema de control remoto, que permite la manipulación de forma remota, pero que necesita que el operario esté cerca del prototipo. Para una segunda etapa se planea el ensamble de un equipo autónomo que permita la independencia en cuanto al movimiento del equipo. Para ello, los sistemas eléctricos

y electrónicos se evaluarán por medio de simulaciones en Spice, Multisim o ISIS de Proteus, donde se valorarán configuraciones de las partes, sistemas eléctricos y estructura del robot, para maximizar la eficiencia y rango de alcance de la luz UV. El equipo contará con un brazo articulado que contará con un mínimo de 5 DOF (grados de libertad) en el cual se colocará una lámpara de luz UV-C, dicho brazo permitirá que la luz incide directamente en lugares donde la incidencia de los equipos tradicionales es baja, por ejemplo bajo las camas o elementos que generen sobras de la luz principal

El equipo se conformará con elementos de articulación determinados por servomotores eléctricos de corriente directa y operación remota. La programación de los movimientos se realizará en el programa BOOSTC o MikroC que utiliza el lenguaje tipo C. Se emplearán microcontroladores y microprocesadores dentro de la programación para reducir en gran cantidad el uso de dispositivos analógicos o de elementos digitales combinacionales y secuenciales.

RESULTADOS

Efecto de la luz UVC sobre *Saccharomyces cerevisiae*

El proceso de desinfección de superficies es un tema que resulta primordial en diversos ámbitos de nuestra vida diaria. En la actualidad, debido a la contingencia que vivimos, el tema de la desinfección, se vuelve en el eje principal del cual se centran muchas investigaciones. En el presente trabajo se evaluó un método de desinfección empleando luz UVC. Los resultados obtenidos indican una disminución del número de levaduras cuando son expuestas a la luz UVC. La **Tabla 1** muestra imágenes de la presencia de levaduras del experimento. Se observó una disminución de más del 95% de levaduras al someterlas durante 10 min a luz UV, a una distancia de 20 cm. Posteriormente, conforme se aumenta la distancia de la lámpara con respecto a la levadura, el porcentaje de eliminación baja hasta el 92% a una distancia de 100 cm (**Fig. 1**).

Dentro de las cajas irradiadas a diferentes distancias se observó la presencia de hongos, lo que indicaría que se necesita más tiempo de irradiación para la eliminación de este microorganismo.

Fig. 1. Número de levaduras presentes en las cajas Petri después de la irradiación de luz UV.

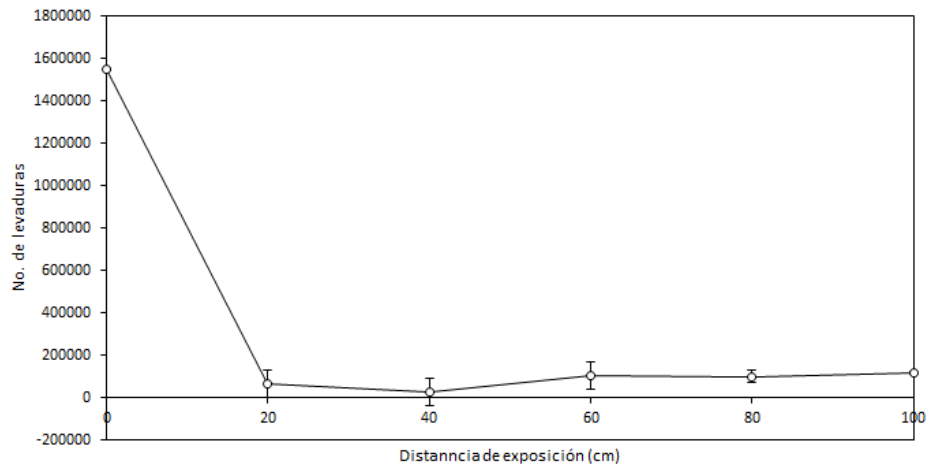


Tabla 1. Imágenes de las levaduras presentes en cada prueba de exposición a luz UVC.

Distancia de irradiación (cm)	Foto	Distancia de irradiación (cm)	Foto
Sin irradiar		60	
20		80	
40		100	

Diseño y ensamble de equipo para desinfección de forma remota

El equipo se diseñó y se ensambló a nivel prototipo. El equipo cuenta con una base de aluminio en la cual se insertaron los motores que dan dirección a todo el sistema. Se colocó un soporte para la instalación de la lámpara UV de 60 cm de longitud y que se encuentra de forma fija en el equipo (**Fig. 2**).

Fig. 2. Prototipo de equipo para la manipulación de la desinfección de superficies de forma remota



DISCUSIÓN

Efecto de la luz UVC sobre *Saccharomyces cerevisiae*

Los resultados mostraron una disminución, del 95%, en la presencia de microorganismos, la cual, al aumentar la distancia de irradiación disminuye. Esto puede deberse a que la intensidad de la luz disminuye y por consiguiente el efecto baja, provocando que el cambio a nivel molecular dentro de los microorganismos, no se exprese de la misma forma. Estudios muestran que dependiendo la capacidad de la lámpara y el microorganismo a eliminar, es la distancia y el tiempo de irradiación que se necesita para asegurar una desinfección de más del 95 % (**Tabla 2**).

En tres de las cajas se observó la presencia de hongo, esto puede deberse a que el hongo, por ser un microorganismo con mayor resistencia a cambios en el ambiente y métodos de desinfección, necesite mayor tiempo de exposición a la luz UV para inactivar su función reproductiva.

Tabla 2. Estudios realizados empleando luz UV como método de desinfección.

Microorganismo	Distancia de radiación (cm)	Tiempo de radiación (s)	Reducción del número de microorganismos (%)	Referencia
Bacterias	NR	900	99.9	Rutala <i>et al.</i> , 2010
Hongos	NR	30	100.0	Sánchez <i>et al.</i> , 2012
<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	10	40	90.0	Delgado <i>et al.</i> , 2018
<i>Bacillus pumilus</i>	10	40	90.0	Delgado <i>et al.</i> , 2018
<i>Clostridium difficile</i>	10	40	90.0	Delgado <i>et al.</i> , 2018
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	5	100.0	Delgado <i>et al.</i> , 2018
<i>Escherichia coli</i>	10	5	100.0	Delgado <i>et al.</i> , 2018
<i>Acinetobacter baumannii</i>	10	5	100.0	Delgado <i>et al.</i> , 2018
<i>Clostridium difficile</i>	NR	2700	99.6	Casini <i>et al.</i> , 2019
<i>Staphylococcus aureus</i>	NR	840	96.7	Casini <i>et al.</i> , 2019
<i>Enterococcus</i> resistente a la vancomicina	NR	840	95.1	Casini <i>et al.</i> , 2019
<i>Clostridium difficile</i>	NR	840	100.0	Casini <i>et al.</i> , 2019

Diseño y ensamble de equipo para desinfección de forma remota

El prototipo ensamblado hasta el momento se desarrolló con una fuente de alimentación directa a corriente eléctrica. El mecanismo integrado al robot permite su manipulación de forma remota mediante el empleo de un celular pero a corta distancia. Los equipos desarrollados actualmente, son de compañías transnacionales lo que permite que tengan disponibles materiales que mejoran las

funciones de los robots que se encuentran en el mercado. Un punto a mejorar en el diseño del prototipo, son los accesos del equipo al área de desinfección ya que el proceso de acceso a los mismo puede ser complicado para el dispositivo mecánico que se utilizará, además de considerar los puntos oscuros que nos podemos encontrar al momento de estar irradiando con luz UVC las áreas de desinfección.

CONCLUSIONES

En el presente proyecto se evaluó la luz UVC como un método de desinfección, así como el ensamble de un prototipo para evitar el contacto directo de la luz UVC con el operario.

El método mostró ser muy prometedor, ya que se alcanzó la eliminación de más del 90 % del microorganismo evaluado. Aún son necesarias pruebas con diferentes microorganismos y en diversas áreas, las cuales se continúan realizando. Se ensambló un prototipo que permite la manipulación de la lámpara de luz UV de forma remota empleando un equipo inteligente smartphone, permitiendo evitar daños para el operario. La mejora en el prototipo puede proporcionar una autonomía amplia evitando que personal ingrese a zonas de riesgo que pudiera poner en peligro su salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casini, B., Tuvo, B., Cristina, M.L., Spagnolo, A.M., Totaro, M., Baggiani, A., Privitera, G.P. (2019). Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:10.3390/ijerph16193572.
- Delgado, D.R., Ortiz, C.P., Daza, H.R., Arias, M.M.J. (2018). Evaluación del uso de luz UV como alternativa para la descontaminación de equipos odontológicos. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo sostenible. Panamá.
- Gray, N.F. (2014). Ultraviolet disinfection. En L. Steven, M.V. Yates, D.W. Williams, R. M. Calmers, N.F. Gray (Ed), *Microbiology of waterborne diseases* (pp. 617-630). Elsevier.
- Rutala, W., Gergen, M., Weber, D. (2010). Descontaminación ambiental con radiación UV. *Revista Chilena de Infectología*. 27(6): 1025-1029.
- Sánchez, C.J.P., Arias, E.M., Armenta, P.J., Salas, S.D. (2012). Luz ultravioleta germicida y control de microorganismos ambientales en hospitales. *Revista Costarr Salud Pública*. 21: 19-22.

SISTEMA DE FLUJO CONTINUO EN UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA.

ADAHI CONTRERAS FLORES,¹ ALFREDO ALBERTO GONZALEZ REYES,² SAUL GARCES MEJIA.³

RESUMEN

En esta investigación se presenta una propuesta para mejorar el sistema de lavado de garrafones en una planta purificadora de agua, a partir de un diseño de experimentos para determinar los factores que hacen que el proceso se retrase generando un cuello de botella. Para llevar a cabo este análisis se tomaron muestras de tiempo, para saber cuánto tarda el operador en realizar cada actividad, se procesa la información y como resultado se obtiene que el paso que más tarda en el proceso es el lavado del garrafón, por lo cual se hace una propuesta de un sistema de flujo continuo para el lavado de garrafones y de esta manera disminuir el tiempo de producción.

También, se hace la aplicación de otros métodos como las 5^m para determinar en qué factor se estaba presentando el retraso, control estadístico para determinar los cálculos necesarios y la administración de recursos dentro de la planta purificadora.

ABSTRACT

In this research a proposal is presented to improve the jug washing system in a water purification plant, based on a design of experiments to determine the factors that cause the process to be delayed, generating a bottleneck. To carry out this analysis, time samples were taken, to know how long the operator takes to carry out each activity, the information is processed and as a result it is obtained that the step that takes the longest in the process is the washing of the jug, for which a proposal is made for a continuous flow system for the washing of jugs and thus reduce production time.

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. ing.adahy@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Also, the application of other methods such as 5´m is made to determine in which factor the delay was occurring, statistical control to determine the necessary calculations and the administration of resources within the purification plant.

INTRODUCCIÓN

Con las nuevas tecnologías, técnicas y conocimientos que existen en la purificación de agua para consumo humano, existe una gran área de oportunidad para aplicar mejoras en los procesos actuales.

El uso del diseño de experimentos, así como las propiedades de los mismos ayudan a analizar cómo se comporta un fenómeno u objeto de estudio, haciendo uso de modelos estadísticos para poder analizar los datos y aplicar una mejora basada en técnicas y métodos de ingeniería para así poder satisfacer las necesidades del cliente y la optimización del proceso.

El método de las 5 M se utiliza básicamente para conocer las causas de un problema, por lo que se describirán de manera precisa para conocer los posibles fallos que se están presentando dentro del sistema. Las 5 M son máquinas, mano de obra, métodos, materiales y medio ambiente.

MÉTODO

El procedimiento se lleva a cabo como se muestra a continuación:

Proceso		
1	Recepción e inspección del garrafón.	Se recibe el garrafón y se inspecciona para que no esté en mal estado (roto, sucio).
2	Lavado interno con bactericida y germicida biodegradable.	Se lava el interior del garrafón para eliminar suciedad y la desinfección de el para que no contenga alguna bacteria o germen dañino
3	Lavado externo.	Es lavado por la parte de afuera para eliminar algún residuo o suciedad en el garrafón
4	Enjuague interno y externo con agua purificada.	Se enjuaga el garrafón para eliminar los residuos del líquido que se ocupó para lavarlos.
5	Secado.	Se seca el garrafón para su posterior llenado.

El método a utilizar en el presente trabajo será “Factores de elementos aleatorios” que es un factor en el que sólo se incluye en el experimento una muestra aleatoria simple de todos los posibles niveles del mismo. Evidentemente se utilizan estos factores cuando tienen un número muy grande de niveles y no es razonable o posible trabajar con todos ellos. En este caso se está interesado en examinar la variabilidad de la respuesta debida a la población entera de niveles del factor.

Este modelo se empleará para hacer el análisis de los factores que intervienen en el tiempo de lavado para poner analizar los datos con la ayuda de la estadística, analizar resultados y proponer una optimización en el proceso de lavado.

Esquematizar los pasos de análisis estadístico.

El análisis estadístico a realizar depende de:

- Los objetivos indicados en el paso 1, son los siguientes "Ejecutar 20 muestras del experimento del proceso de llenado y lavado de una purificadora de agua para hacer una propuesta de optimización del servicio."
- El modelo asociado que se especificó en el paso 5.
- Se deben esquematizar los pasos del análisis a realizar que deben incluir: estimaciones que hay que calcular, en este caso serán los tiempos promedios de llenado y lavado de un garrafón.
- Contrastes a realizar, se encuentran dos variables el factor recurso material y recurso humano
- Los intervalos de confianza que se calcularán, el intervalo de confianza que se tomo es de 95% con un margen de error del 5%
- Diagnósis y crítica del grado de ajuste del modelo a la realidad, el grado de ajuste es que se comprende el nivel de error del 5% como los posibles errores de medición, al momento de capturar los datos, entre otros factores.

ANÁLISIS

Diseño de experimentos

Para llevar a cabo el análisis estadístico se aplicará el diseño de experimentos se utiliza para investigar por qué surgen variables dentro de un proceso, desde la entrada hasta la salida. En este se hacen varias pruebas donde se aplica un cambio intencional en el sistema para determinar si alguno de ellos es lo que está causando la variabilidad.

Definir objetivos del experimento.

-Objetivo general: Ejecutar 20 muestras del experimento del proceso de llenado y lavado de una purificadora de agua para hacer una propuesta de optimización del servicio.

-Objetivos específicos:

- Observar el tiempo actual del sistema.
- Analizar cuáles son las posibles causas de variación.
- Determinar cómo optimizar el servicio de manera de que sea a bajo costo.

Identificar las posibles causas de variación.

Este tipo de experimentos requieren de diversas técnicas de recolección de datos en este caso para identificar nuestras posibles causas de variación usamos la técnica de observación con esto nos dimos cuenta que el proceso de lavado (que fue nuestro proceso específico) varía dependiendo de qué tan sucio este un garrafón, el estado en que se encuentra y tiempo que esta sin usar o vacío.

Cualitativos	Cuantitativos
Personas	Tiempo sin usar el garrafón
Tipo del instrumento de lavado.	Tiempo de lavado.

Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudios.

Para el proyecto del análisis del lavado del garrafón la regla que se ocupará tiene el nombre de “asignación al azar en determinados niveles de observación”, que consiste en la tomar muestras de la población (garrafones) sin una jerarquía o característica en especial.

Especificar las medidas que se realizarán, el procedimiento experimental.

Los datos y el material a utilizar para evaluar la variable respuesta y al que se le aplican los distintos niveles de los factores tratamiento, fueron tomados en la planta. Por otro lado, las medidas que se ocuparán para la recolección de datos serán en minutos ya que lo que se va a analizar es el proceso de variación del llenado de los garrafones, así como poder ver la manera de optimizar este proceso ya que abarca mucho tiempo respecto al tiempo total de llenado (52% del 100%).

Ejecutar experimentos.

20 observaciones.				
Hora	Duración de proceso	Duración de lavado	Sexo del despachador	Sexo del cliente
2:00:00 p. m.	6.24	3.33	H	H
2:15:00 p. m.	6.30	3.39	H	M
2:22:00 p. m.	6.10	3.19	H	H
2:30:00 p. m.	6.24	3.32	H	H
2:42:00 p. m.	6.24	3.34	H	H
2:49:00 p. m.	6.00	3.09	H	M
3:02:00 p. m.	6.24	3.33	H	H
3:09:00 p. m.	6.30	3.38	H	M
3:20:00 p. m.	5.52	2.49	H	H
3:27:00 p. m.	6.28	3.35	H	M
3:40:00 p. m.	6.55	3.42	H	H
3:48:00 p. m.	6.24	3.33	H	M
3:55:00 p. m.	6.22	3.30	H	H
4:15:00 p. m.	6.20	3.28	H	M
4:23:00 p. m.	6.24	3.33	H	M
4:30:00 p. m.	6.22	3.33	H	H
4:37:00 p. m.	7.00	4.00	H	H
4:50:00 p. m.	6.24	3.30	H	H
4:59:00 p. m.	6.30	3.32	H	H
5:10:00 p. m.	6.24	3.33	H	H
Sumatoria	124.91	66.15		H = 65%
X	6.25	3.31		M = 35%
Porcentaje de duración de proceso de lavado respecto al tiempo del proceso				52.9581299

Método de las 5 M's

5 M's	Referencia
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Garrafón • Jabón • Líquido desinfectante • Tapas • Trapos • Agua • Centro de lavado y enjuague • Tanques de Almacenamiento de agua • Instalación de agua
Maquinas	<ul style="list-style-type: none"> • Purificadora de calor • Selladora
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Persona 1: recepción de garrafones y cobranza • Persona 2: lavado, llenado y sellado
Método	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recepción de garrafón 2. Lavado con jabón 3. Aplicación de líquido desinfectante 4. Enjuague 5. Secado
Medio ambiente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laboral: máquinas y herramientas para lavado, llenado y sellado sellados garrafones 2. Ambiental: árboles, jardineras, sin tanto stock y ambiente limpio de basura

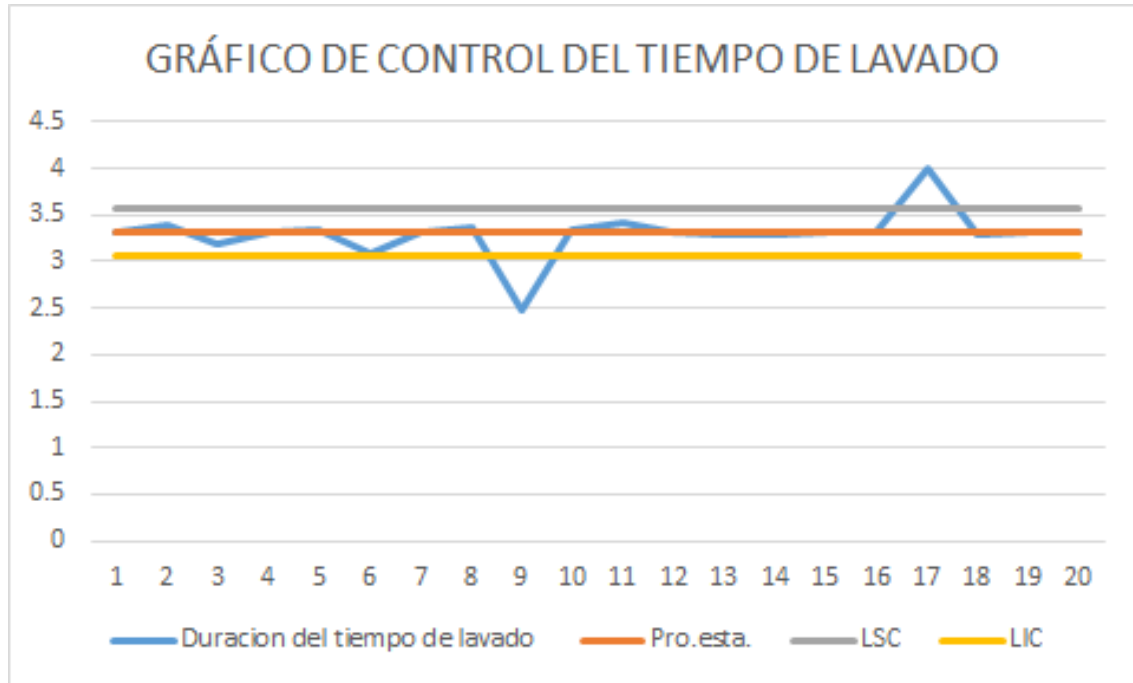
CONCLUSIONES

Cálculo del gráfico del control del proceso de lavado.

De acuerdo a lo recabado en nuestro experimento se obtuvo la siguiente tabla la cual no ayuda a encontrar el grafico de control del proceso de lavado:

No. de observaciones	Duración del tiempo de lavado	Pro.esta.	LSC	LIC
1	3.33	3.33	3.56304637	3.05195363
2	3.39	3.33	3.56304637	3.05195363
3	3.19	3.33	3.56304637	3.05195363
4	3.32	3.33	3.56304637	3.05195363
5	3.34	3.33	3.56304637	3.05195363
6	3.09	3.33	3.56304637	3.05195363
7	3.33	3.33	3.56304637	3.05195363
8	3.38	3.33	3.56304637	3.05195363
9	2.49	3.33	3.56304637	3.05195363
10	3.35	3.33	3.56304637	3.05195363
11	3.42	3.33	3.56304637	3.05195363
12	3.33	3.33	3.56304637	3.05195363
13	3.3	3.33	3.56304637	3.05195363
14	3.28	3.33	3.56304637	3.05195363
15	3.33	3.33	3.56304637	3.05195363
16	3.33	3.33	3.56304637	3.05195363
17	4	3.33	3.56304637	3.05195363
18	3.3	3.33	3.56304637	3.05195363
19	3.32	3.33	3.56304637	3.05195363
20	3.33	3.33	3.56304637	3.05195363

Con una desviación estándar de 0.2555464 y un promedio de 3.3075 se obtiene el siguiente gráfico:



Con lo que se puede concluir que los datos presentan variabilidad y solo algunos datos se encuentran fuera de los límites de control, esta variabilidad puede ser ocasionada por errores de medición a la hora de aplicar la técnica de recolección de datos, factores ambientales y factores de mano de obra de los operarios.

MEDIA

$$3.33 + 3.39 + 3.19 + 3.32 + 3.34 + 3.09 + 3.33 + 3.38 + 2.49 + 3.35 + 3.42 + 3.33 + 3.30 + 3.28 + 3.33 + 3.33 + 4.00 + 3.30 + 3.32 + 3.33$$

20

= 66.1 / 20 = 3.31

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

$$|3.33 - 3.1| + |3.39 - 3.1| + |3.19 - 3.31| + |3.32 - 3.31| + |3.34 - 3.31| + |3.09 - 3.31| + |3.33 - 3.31| + |3.38 - 3.31| + |2.49 - 3.31| + |3.35 - 3.31| + |3.42 - 3.31| + |3.33 - 3.31| + |3.30 - 3.31| + |3.28 - 3.31| + |3.33 - 3.31| + |3.33 - 3.31| + |4.00 - 3.31| + |3.30 - 3.31| + |3.32 - 3.31| + |3.33 - 3.31|$$

20

= 1.32/20 = .25

VARIANZA

$$3.33^2 + 3.39^2 + 3.19^2 + 3.32^2 + 3.34^2 + 3.09^2 + 3.33^2 + 3.38^2 + 2.49^2 + 3.35^2 + 3.42^2 + 3.33^2 + 3.30^2 + 3.28^2 + 3.33^2 + 3.33^2 + 4.00^2 + 3.30^2 + 3.32^2 + 3.33^2$$

20

$$= 220.03 / 20 = 11 - 3.31^2$$

$$= .06$$

DESVIACIÓN TÍPICA

$$(3.33 - 3.31)^2 + (3.39 - 3.31)^2 + (3.19 - 3.31)^2 + (3.32 - 3.31)^2 + (3.34 - 3.31)^2 + (3.09 - 3.31)^2 + (3.33 - 3.31)^2 + (3.38 - 3.31)^2 + (2.49 - 3.31)^2 + (3.35 - 3.31)^2 + (3.42 - 3.31)^2 + (3.33 - 3.31)^2 + (3.30 - 3.31)^2 + (3.28 - 3.31)^2 + (3.33 - 3.31)^2 + (3.33 - 3.31)^2 + (4.00 - 3.31)^2 + (3.30 - 3.31)^2 + (3.32 - 3.31)^2 + (3.33 - 3.31)^2$$

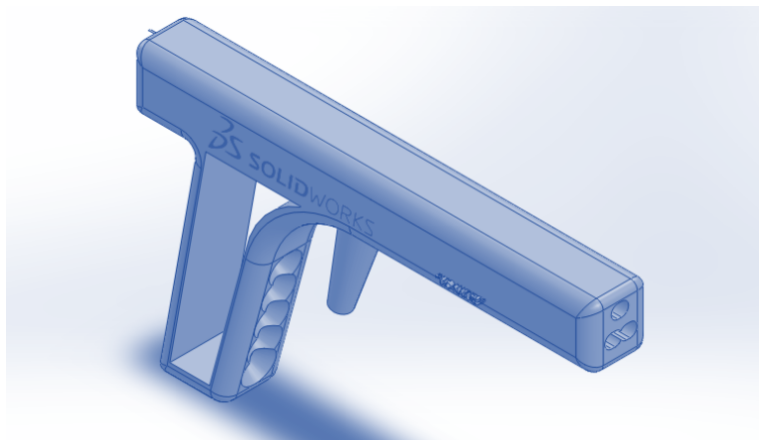
20

$$= .2490$$

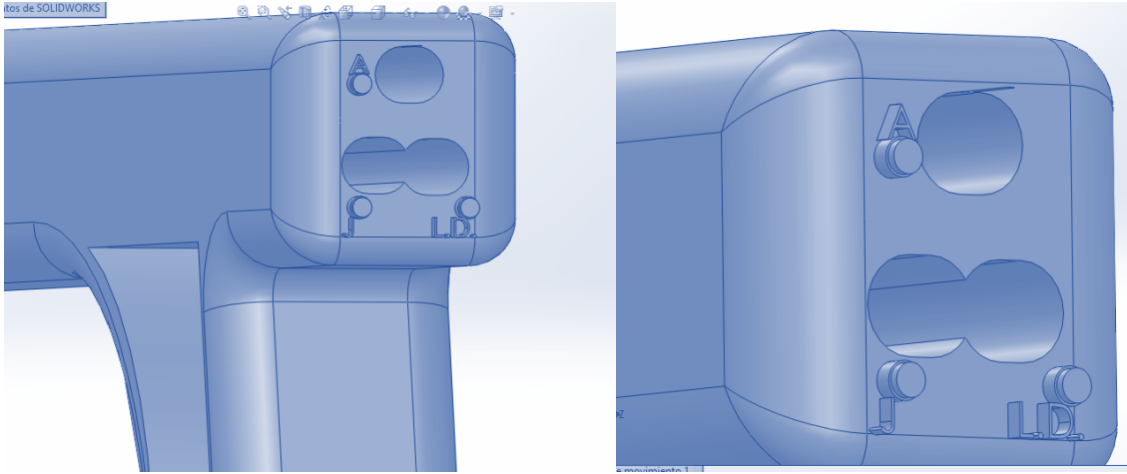
Como resultado de nuestro experimento obtuvimos que las personas que más van a llenar sus garrafones son los hombres con un 65% y las mujeres con un 35%, en promedio el tiempo de llenado es de 6.25 minutos por garrafón y el proceso de lavado es de 3.31 minutos por unidad y un dato relevante también es que el proceso de lavado ocupa un 52.95 % del proceso total de llenado de un garrafal en la purificadora, lo cual se mejorara al implementar la propuesta del sistema de flujo continuo para el lavado.

SISTEMA DE LAVADO CONTINUO

El sistema de lavado propuesto para optimizar el funcionamiento del tiempo de lavado se muestra a continuación:



En la parte superior trasera se indica lo siguiente A=agua J=jabón y L.D=Liquido desinfectante los dos últimos combinan el orificio porque se pueden aplicar al mismo tiempo con el fin de ejecutar presión y lavar de manera efectiva



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Montgomery, D. C. (2008). Introducción al Control Estadístico de la Calidad. Editorial Wiley.

Juran J. y Godfrey, B. (2001). Manual de Calidad (tomos I y II). Editorial McGraw-Hill.

DISEÑO DE TOBERA PARA UNA TURBINA DE DISCOS ALIMENTADA CON VAPOR GENERADO CON BIOMASA

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ,¹ YESENIA NETZAHUAL ACOLTZI,² VICENTE FLORES LARA³

RESUMEN

La generación distribuida difiere de sistemas convencionales en la magnitud de generación y distancia de transmisión. Dentro de ese concepto, la generación a microescala presenta retos tecnológicos en su integración de componentes. Una alternativa viable para esos sistemas es la turbina de discos. Pero por características propias del fluido de trabajo, se requiere del adecuado diseño de sus partes, como es la tobera de alimentación. El presente trabajo se enfoca en el diseño de la tobera para una turbina de discos que trabaja con vapor de agua, en un sistema a escala reducida. Se analiza la sensibilidad de la potencia en función de la altura de la boquilla (h) y el flujo másico (\dot{m}). Para h se consideran valores de 1.6 mm a 7.6 mm y para \dot{m} valores de 0.0015 kg/s a 0.25 kg/s. Mediante resultados analíticos y CFD se muestran los valores con sensibilidad de potencia alta. Por lo que h entre 2 - 4 mm y \dot{m} de 0.008-0.25 kg/s, muestran valores aptos para el diseño de la turbina.

Palabras clave: fluido de trabajo, micro generación, microturbina de discos, tobera.

ABSTRACT

Distributed generation differs from conventional systems in the magnitude of generation and transmission distance. Within this concept, micro-scale generation presents technological challenges in its component integration. The discs turbine represents a viable alternative to such systems. Although, due to the characteristics of the working fluid, the proper design of its parts is required, such as the supply nozzle. The present work focuses on the design of the nozzle for a disk turbine that works with water vapor, in a small-scale system. The sensitivity of the turbine power

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. jorge.bh@apizaco.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. m19371387@apizaco.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. f117u2@yahoo.com

is analyzed as a function of the nozzle height (h) and the mass flow (\dot{m}). Values of 1.6 mm to 7.6 mm for h and 0.0015 kg/s to 0.25 kg/s for \dot{m} are considered in the analysis. Values with high sensitivity for power are shown using analytical and CFD results. Therefore, for h between 2 - 4 mm and \dot{m} for 0.008-0.25 kg/s, values suitable for the design of the turbine were obtained.

Keywords: working fluid, microgeneration, microturbine of discs, nozzle.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de un país depende de su infraestructura energética, por lo que el un alto consumo mundial de energía genera crisis de los recursos fósiles, además de deterioro ambiental. Por lo que surge la necesidad de tener sistemas alternativos de generación a diversas escalas, incluyendo la micro-generación. Esto implica diversificar las fuentes de energía, tomando en cuenta las fuentes de bajo grado como la geotermia, solar, eólica y biomasa. La adaptación de recursos renovables como fuente de energía para la generación de energía eléctrica, involucra la aplicación de nuevos dispositivos (Thawichsri y Wanich, 2015). La turbina de adhesión o Tesla es un dispositivo de micro generación que ha tomado interés en los últimos 50 años debido a su diseño práctico y principio de funcionamiento de la capa límite, esta turbina sigue en estudio y aunque ya es conocida desde hace años, todavía existen algunas oportunidades de mejora.

Una de las partes más importante que distingue a la turbina de adhesión es el rotor, que consiste en múltiples discos delgados montados en un eje común. Otro elemento importante en el diseño de la turbina de adhesión es el sistema de suministro del fluido de trabajo. Lo cual se relaciona con la boquilla de entrada que expande el fluido y aumentando su velocidad a expensas de la caída de presión (Neckel y Godinho, 2015). Al respecto diversos autores (Boyd y Rice, 1968; Lampart et al., 2009) establecen un valor cuantitativo de la relación general de los parámetros adimensionales que determinan la eficiencia de la turbina, sin considerar las pérdidas externas al rotor. De acuerdo con Truman et al. (1978) la turbina de adhesión depende de muchos parámetros que tienen un impacto en la eficiencia, los cuales son: el espacio entre discos, número de discos, rugosidad de la superficie

del disco, las propiedades termodinámicas del fluido de trabajo y el número, orientación, ubicación, tamaño y forma de las boquillas (Rice, 1991; Tahil, 1999; Gupta y Kodali, 2013). Considerando este último concepto, Neckel y Godinho (2015) investigaron los fenómenos que ocurren en las boquillas con el uso de la técnica de Schilieren. El fenómeno más indeseable que disminuye la eficiencia de la boquilla fue la onda de choque.

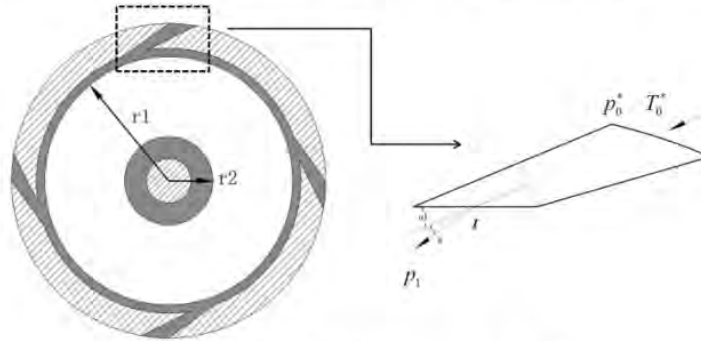
Hoya y Guha (2009) utilizaron la pérdida de presión total como una evaluación de la eficiencia de la boquilla. El coeficiente de pérdida, que expresa la energía degradada por la fricción, fue aproximadamente 10 veces mayor en la boquilla de la turbina Tesla que el valor típico de este coeficiente en la boquilla de la turbina de gas. Guha y Smiley (2010) diseñaron y probaron la boquilla utilizando una entrada de cámara plenum. Los experimentos mostraron menos del 1 % de pérdida en la presión total en comparación con las pérdidas en el rango del 13-34% para la boquilla y la entrada originales. Krishnan (2015) experimentó con ocho boquillas diferentes: de entrada, circular y salida oblonga, con tubos circulares más pequeños, en forma de embudo y con un área decreciente a lo largo de la longitud con un pequeño aumento en la salida para cubrir un arco más ancho, probando cuatro ángulos de boquilla diferente. Las boquillas con áreas más pequeñas desarrollaron un mayor RPM que fue el resultado de la mayor energía cinética del fluido que ingresa al rotor. Traum et al. (2017) representan un modelo analítico diferencial de línea cerrada que relaciona parámetros geométricos y de fluido de trabajo con el rendimiento de la turbina Tesla. Song et al. (2017) proponen un modelo 1-D para la turbina Tesla considerando la relación de expansión límite de la boquilla, que está relacionada con el ángulo de instalación y la propiedad del fluido de trabajo. Se evalúa la influencia del ángulo de instalación de la boquilla y las condiciones de funcionamiento del sistema ORC en la turbina de adhesión.

En este trabajo, se estudia la boquilla de una turbina de adhesión, el fluido de trabajo es vapor de agua saturado, donde los parámetros se derivan de datos experimentales de la quema de biomasa. El objetivo se centra en determinar la sensibilidad de potencia a través de la variación del flujo másico y del área de salida de la boquilla, en específico del cambio de la altura de la boquilla, esta variación

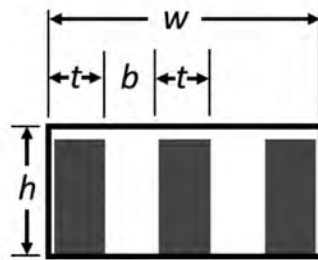
influye en el ángulo de incidencia del fluido hacia los discos y la velocidad de salida de la boquilla, los resultados se basan en ecuaciones de un modelo analítico destinado a medir la sensibilidad de potencia en función de los parámetros geométricos de la turbina y de sensibilidad del fluido (Traum et al., 2017). La boquilla es un elemento importante, que contribuye a la pérdida de eficiencia por lo que un buen diseño de la turbina, lo que un buen hace importante la mejora misma contribuyen al diseño de una turbina de adhesión que contempla un dispositivo que presenta alternativas de aplicación en la micro generación, donde se busca siempre tener la mayor posible potencia generada.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOQUILLA

Las turbinas de adhesión consisten en discos metálicos paralelos ensamblados con una separación mínima, acoplados al eje. El fluido de trabajo se inyecta tangencialmente mediante una boquilla que tiene la función de distribuir uniformemente el fluido entre los discos de la turbina. Dependiendo de la geometría de salida, la velocidad del fluido puede ser igual o incluso mayor que la velocidad del sonido (Song et al. 2017). Debido a los gradientes de alta velocidad, se producen esfuerzos cortantes, generando un par, que impulsa el rotor. Las líneas de corriente desde la entrada hasta la salida tienen forma de espiral. En la teoría clásica de turbo maquinaria, el perfil del alabe puede producir un flujo supersónico por una serie de ondas de expansión. De manera similar en la boquilla de la turbina Tesla, el corte oblicuo después de la garganta también puede permitir un flujo supersónico (Figura 1). En Traum et al., (2017) el orificio de la boquilla se trata como una ranura rectangular con un ancho definido por b , t , n y una altura por h (Figura 2). Con un ancho de boquilla de entrada definido por el número de disco, el grosor del disco y el espacio entre discos. El área de entrada de la boquilla se determina mediante un parámetro de altura de boquilla definido por el usuario, h .

Figura 1. Boquilla de la turbina tesla (agujeros perforados en la cubierta)


Fuente. Song et al., 2017.

Figura 2. Ranura de boquilla


Fuente. Traum et al., 2017.

FUNDAMENTO TEÓRICO

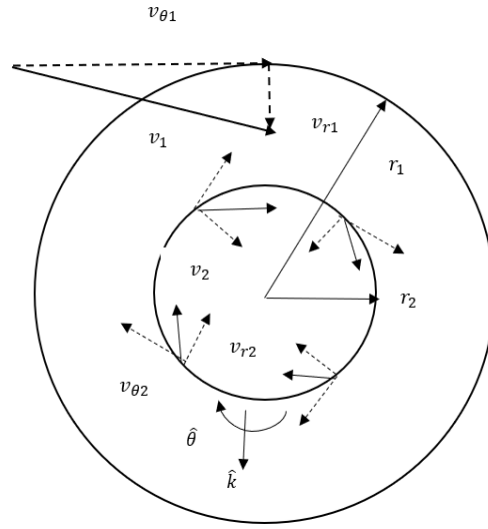
Para determinar las velocidades de fluido en el disco y la velocidad de salida de la boquilla se varía su altura y el flujo másico. Esto de acuerdo a la geometría del disco, los parámetros del fluido de trabajo y la rotación de la turbina.

VECTORES DE VELOCIDAD

Los vectores de velocidad sobre el disco a la entrada de la turbina actúan como se muestra en la Figura 3. El fluido de trabajo se expande primero en las boquillas, con caída de la entalpía y aumento de la velocidad. La velocidad del fluido de trabajo en la salida de la boquilla se puede calcular mediante la Ecuaciones (1) (Song et al., 2017).

$$v_1 = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot c_p \cdot T_0^* \left[1 - (\varepsilon_{lim})^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (1)$$

Donde v_1 es la velocidad de salida de la boquilla, φ es el coeficiente de velocidad de la boquilla, c_p es la capacidad calorífica específica del fluido, T_0^* es la temperatura de entrada del fluido, ε_{lim} es la relación de expansión límite, y k es la relación de calor específico.

Figura 3. Vectores de velocidad del disco de la turbina de adhesión.


Fuente. Adaptado de Song et al., 2017.

Mediante la Ecuación (2) de la continuidad, manteniendo el flujo másico fijo, se obtiene el valor de la velocidad al variar el valor de la altura de la boquilla.

$$\dot{m} = A \cdot \rho_{cr} \cdot v_1 = w h \sin \alpha_1 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} P_0^* \cdot \rho_0^*} \quad (2)$$

Donde A es el área de la boquilla, ρ_{cr} es la densidad del fluido en la garganta, v_1 se obtiene de la Ecuación (1), w es el ancho de la boquilla, h es la altura de la boquilla, k es la relación de calor específico y P_0^* es la presión en la entrada de la boquilla, por trigonometría los vectores v_{r1} y $v_{\theta1}$ de la figura 3 representan la velocidad radial y tangencial respectivamente, la primera se muestra en la Ecuación (3), donde b es el espacio entre discos, \dot{m}_c es el flujo másico por canal y la velocidad tangencial se muestra en la Ecuación (4)

$$v_{r1} = -\frac{\dot{m}_c}{2\pi b \rho} \quad (3)$$

$$v_{\theta1} = \sqrt{(v_1)^2 - (v_{r1})^2} \quad (4)$$

VELOCIDADES ADIMENSIONALES

El modelo de Carey (Carey et al., 2010) presenta las ecuaciones para las velocidades tangenciales adimensionales mediante las ecuaciones de Navier-Stokes en coordenadas cilíndricas, aplicadas al disco giratorio de una turbina Tesla en función de la relación del radio y el número de Reynolds modificado $\widehat{W}(\xi, Re_m^*)$

, que resulta en una ecuación diferencial que muestra la diferencia de la velocidad tangencial adimensional entre el rotor del disco y el fluido dentro de la turbina en cualquier ubicación radial, que se presenta en la Ecuación (5).

$$\widehat{W}(\xi) = \frac{e^{\frac{24\xi^2}{Re_m^*}}}{\xi} \left[\frac{Re_m^*}{24} e^{-\frac{24\xi^2}{Re_m^*}} + \widehat{W}_1 - \frac{Re_m^*}{24} e^{-\frac{24}{Re_m^*}} \right] \quad (5)$$

Los parámetros fijos en los que se configura la turbina corresponden al flujo masico (\dot{m}), viscosidad dinámica (μ), relación de discos ξ_1 , espacio entre discos (b), número de discos (n), velocidad angular (ω), lo cual facilita la solución para la Ecuación de diferencial (5) $\widehat{W}(\xi, Re_m^*)$.

Se presenta dos números de Reynolds: Re_m^* (Número Reynolds modificado) y Re_m , (número de Reynolds general basado en la tasa de flujo másico), que se muestran en las ecuaciones (6) y (7) respectivamente, este último se construye a partir de la geometría del flujo de fluido entre placas planas infinitas, la relación de los dos números de Reynolds se muestra en la ecuación (8).

$$Re_m^* = \frac{2b\dot{m}_c}{\pi\mu r_1^2} \quad (6)$$

$$Re_m = \frac{\dot{m}_c}{\pi\mu r_1} \quad (7)$$

$$\frac{2b}{r_1} Re_m = Re_m^* \quad (8)$$

MODELO DE LIMITACIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS MODELO.

Según White (2011), para la geometría específica de los canales entre placas planas, la transición turbulenta ocurre aproximadamente en $Re_m \approx 2000$. Dado que el modelo Carey usa el factor de fricción laminar para cuantificar la transferencia de momento entre el fluido de trabajo y los discos, el rango de números de Reynolds válido efectivo para la aplicación del modelo se muestra en las ecuaciones (9) y (10)

$$0 < Re_m = \frac{\dot{m}_c}{\pi\mu r_1} < 2000 \quad (9)$$

$$Re_m^* = \frac{2b\dot{m}_c}{\pi\mu r_1} < \frac{2b \cdot 2000}{r_1} \quad (10)$$

EFICIENCIA DE LA TURBINA

Se define como el cociente entre la energía producida y la energía en la entrada de la boquilla (Castillo et al. 2009). La eficiencia mecánica del rotor involucra el valor de la velocidad tangencial adimensional en la entrada y salida del disco que se

muestra en las Ecuaciones (11) y (12) respectivamente, la primera muestra la velocidad tangencial superficial del disco (U_1), que es igual a $r\omega$, donde r es el radio del disco y ω es la velocidad angular. Ambas Ecuaciones se sustituyen en la Ecuación de la eficiencia mecánica (13).

$$\widehat{W}_1 = \frac{v_{\theta 1} - U_1}{U_1} \quad (11)$$

$$\widehat{W}_2 = \frac{e^{\frac{24\xi^2}{Re^*m}}}{\xi} \left[\frac{Re^*m}{24} * e^{\frac{-24\xi^2}{Re^*m}} \right] + \left(\widehat{W}_0 - \frac{Re^*m}{24} * e^{\frac{-24}{Re^*m}} \right) \quad (12)$$

$$\eta_{rm} = 1 - \frac{(\widehat{W}_2 + \xi_1) \xi_1}{\widehat{W}_1 + 1} \quad (13)$$

La evaluación de la eficiencia de la turbina de adhesión, derivada del número de Reynolds y la ubicación radial para el diseño experimental se hace mediante sus derivados: $\frac{\partial \eta}{\partial \xi}$ y $\frac{\partial \eta}{\partial Re^*m}$ mostradas en las ecuaciones (14) y (15) respectivamente que indican la sensibilidad máxima de potencia a la variable experimental de los parámetros ξ y Re^*m .

$$\frac{\partial \eta}{\partial \xi} = - \frac{\xi}{\widehat{W}_1 + 1} \left[\frac{48}{Re^*m} \left(\widehat{W}_1 - \frac{Re^*m}{24} \right) e^{\frac{24(\xi^2 - 1)}{Re^*m}} + 2 \right] \quad (14)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial Re^*m} = - \frac{1}{\widehat{W}_1 + 1} \left\{ \frac{1}{24} - \left[\frac{24}{Re^*m^2} \left(\widehat{W}_1 - \frac{Re^*m}{24} \right) (\xi^2 - 1) + \frac{1}{24} \right] e^{\frac{24(\xi^2 - 1)}{Re^*m}} \right\} \quad (15)$$

METODOLOGÍA

La metodología que se utilizo para llevar a cabo el analisis de sensibilidad de potencia de la turbina de discos, mediante la configuracion de la geometria de salida de la boquilla es la siguiente:

- Determinar los valores de presion y temperatura del fluido, velocidad angular y parametros fisicos de la boquilla seleccionaso por el usuario (w).
- Realizar los modelos CAD variando la altura de la boquilla.
- Realizar los analisis CFD y analiticos de la boquilla.
- Comparar los valores de la velocidad de salida del analisis CFD y analitico, para determinar el valor de la velocidad del fluido de la boquilla, valor que determina la velocidad tangencial en la entrada del disco.

- Determinar los valores de las derivadas parciales de la eficiencia con respecto al numero de Reynolds y la ubicación adimensional radial del disco, este ultimo como un valor de $\xi = 0.2$. Para finalmente observar el impacto de los valores de h y \dot{m} en la sensibilidad de la potencia.

MODELO CFD

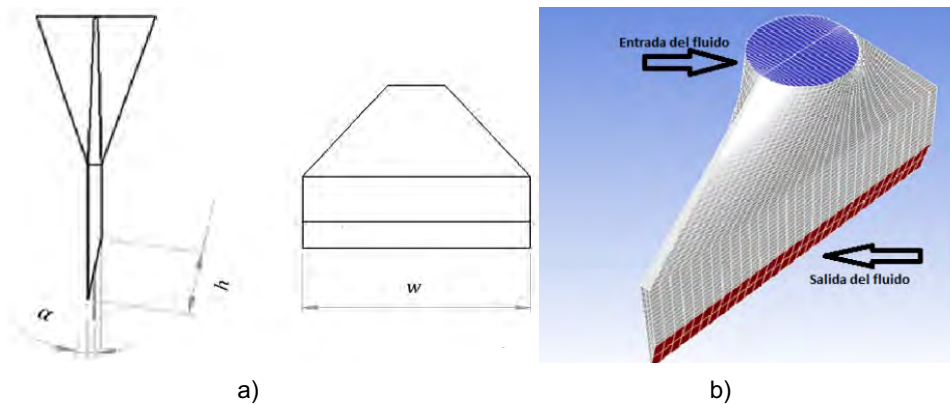
Para el análisis de Dinámica de fluidos computacional (CFD), en el que se busca el cálculo de la velocidad de la salida de la boquilla, se basa en las ecuaciones que rigen el comportamiento del fluido (Aghagoli y Sorin 2020) mostradas en las Ecuaciones (16) y (17). Donde u es la velocidad radial, P es la presión, v es la velocidad tangencial y ∇ es la función del gradiente. La Ecuación (16) es para conservación de masa y la Ecuación (17) para conservación de energía.

$$\rho \dot{\nabla} \cdot (\rho \vec{u}) = 0 \tag{16}$$

$$\dot{\vec{u}} + (\vec{u} \cdot \dot{\nabla}) \vec{u} = \frac{-1}{\rho} \dot{\nabla} P + \vec{g} + \nabla^2 \nu \vec{u} = 0 \tag{17}$$

El modelo CAD mostrado en la Figura 4a) presenta la configuración geométrica general de la boquilla y la Figura 4b) muestra las zonas entrada y salida del fluido de la boquilla. En la Tabla 1 se muestra la información del modelo de turbulencia, la condición de contorno y el mallado para el análisis CFD, en la Figura 5 se muestra el modelo discreto del análisis CFD.

Figura 4. a) Geometría general de la boquilla y b) entrada y salida del fluido.

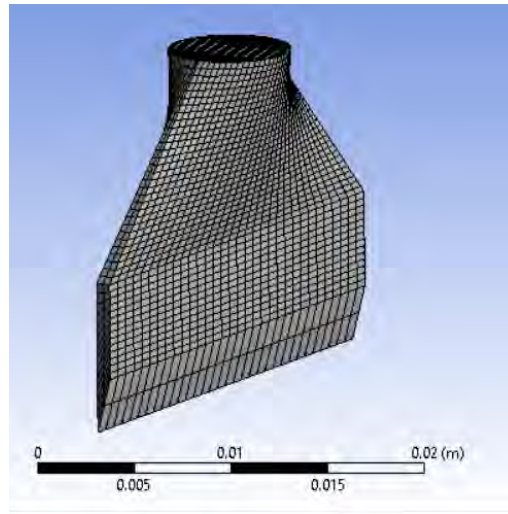


Fuente. Elaboración propia.

TABLA 1-1. Condiciones para el análisis CFD.

Concepto	Valor
Flujo másico	0.008 kg/s
Estado del fluido	Estacionario
Modelo de turbulencia	k-épsilon
Presión de entrada	550 kPa
Temperatura de entrada	155 °C
Nodos	5940
elementos	3784

Figura 5. Modelo discreto de la boquilla



Fuente. Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

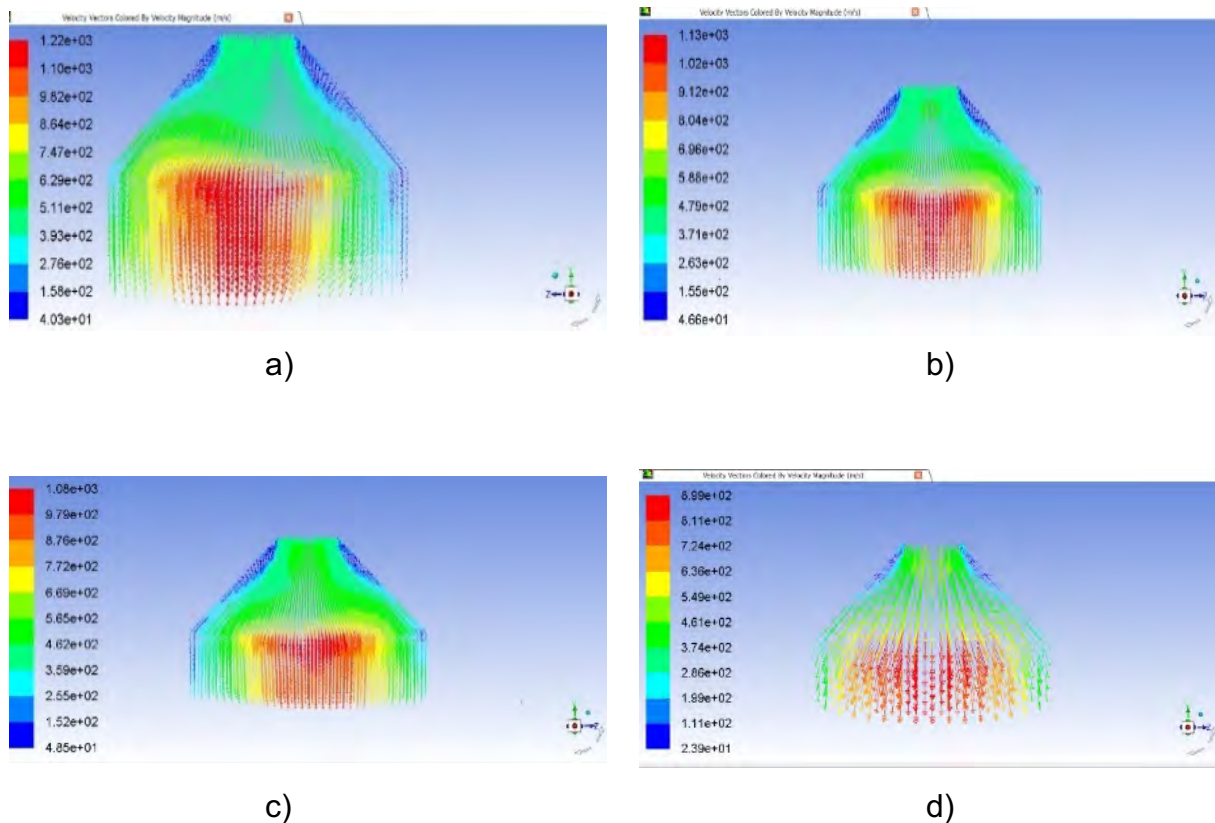
De acuerdo con la metodología se presentan las gráficas del comportamiento de las ecuaciones diferenciales, para medir la sensibilidad de la potencia en función de la altura de la boquilla y el flujo masico. Divido en tres apartados, el primero consiste en determinar la velocidad de la boquilla que determina el valor de la velocidad tangencial en la entrada del disco, el segundo en determinar la sensibilidad de la potencia en función de h y \dot{m} y el tercero en el impacto de la variación de h en la eficiencia de mecánica del rotor.

VELOCIDAD DE SALIDA DE LA BOQUILLA

Las velocidades resultantes de salida de la boquilla en el análisis CFD con respecto a la variación de la altura h se muestran en la figura 6, donde visulamente los valores de las velocidades maximas muestran un decremento a medida que el valor de h disminuye. Se obtiene un promedio de las velocidades de la salida de la boquilla,

siendo esta la zona de interes, mostrando dicho promedio en la Tabla 2, donde se compara los valores analiticos y numericos, obtenino una variacion minima aceptable, manteniendo el flujo masico.

Figura 6. Velocidad de salida en la boquilla respecto a la variación de h a) 4.2 mm, b) 3 mm, C) 2.4 mm y d) 2.1 mm.



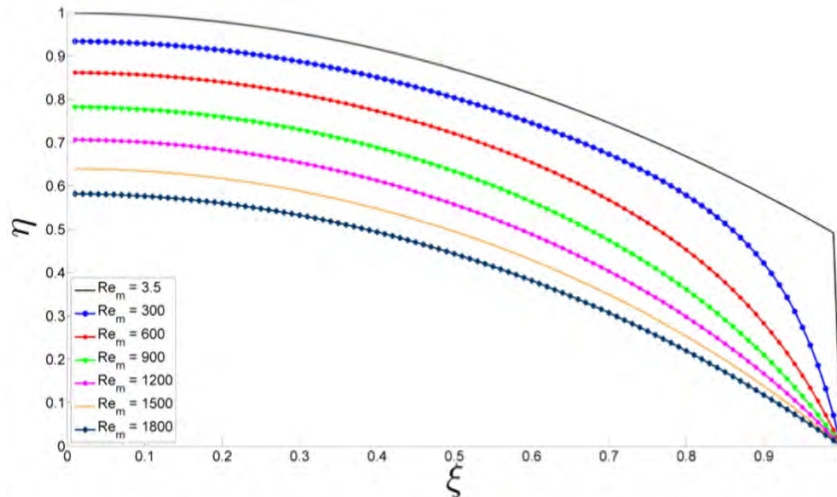
Fuente. Elaboración propia.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La velocidad de la boquilla incide sobre el valor de la velocidad tangencial en la entrada del disco y en las velocidades adimensionales tangenciales en la entrada y salida del disco ($\widehat{W}_1, \widehat{W}_2$) que radica en la evaluación de las Ecuaciones diferenciales: $\frac{\partial \eta}{\partial \xi}$ y $\frac{\partial \eta}{\partial Re^*_m}$ que indican la sensibilidad máxima de potencia, donde se mantienen constantes la relacion de radios de $\xi = 0.2$ y el valor de $Re^*_m = 9.86$, este ultimo valor indica que el flujo másico del fluido de trabajo se mantiene a 0.008 kg/s. Estos valores corresponden a una eficiencia de mas del 90%, según la Figura

7. Los resultados se basan en dos categorías en una de ellas se mantiene constante el flujo masico y en la otra se mantiene constante la altura de la boquilla.

Figura 7. eficiencia de la turbina tesla dependiente de la relacion de los radios del disco del rotor y el numero de reynolds



Fuente. Elaboración propia.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE POTENCIA, EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LA BOQUILLA.

El comportamiento de la sensibilidad de la potencia de la turbina de discos respecto a la variación de la altura de la boquilla (h) de las ecuaciones diferenciales parciales

$$\frac{\partial \eta}{\partial Re^*_m} \text{ y } \frac{\partial \eta}{\partial \xi}$$

se muestran en la Figura 8 y 9 respectivamente, la primera muestra una baja potencia con valores $h \geq 4 \text{ mm}$ y la segunda con valores de $h < 2 \text{ mm}$, lo que indica una consideración en el diseño de la turbina en la que se contemple que un valor muy bajo de la altura de la boquilla no asegura la potencia máxima, lo recomendable es tomar valores de $4 < h > 2$.

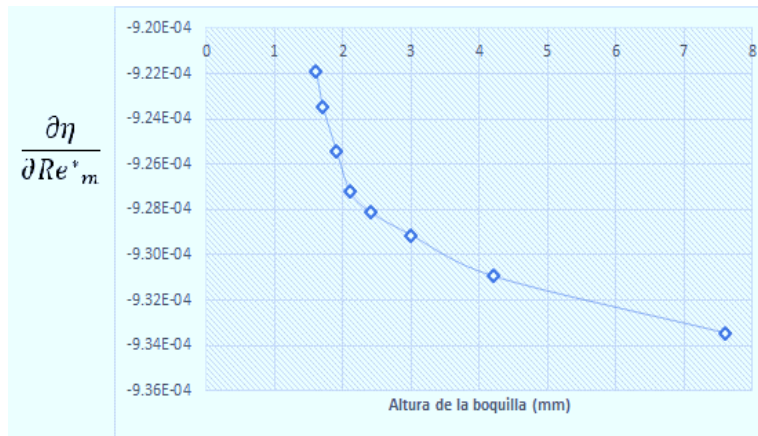
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE POTENCIA, EN FUNCIÓN DEL FLUJO MÁSIICO.

Para el análisis de sensibilidad de potencia en función del flujo masico se considera un rango de 0.008 a 0.25 kg/s. En la Figura 10 se muestra la derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial Re^*_m}$

en función del flujo masico con valores constantes de (h) de 2.1 mm, 2.4 mm, 3 mm y 4.2 mm, en la cual se observa que el comportamiento de la curva para cada uno de los valores de la boquilla es casi la misma, donde el valor máximo de sensibilidad de la potencia corresponde a un valor de 0.015 kg/s, en la Figura 11 se muestra el

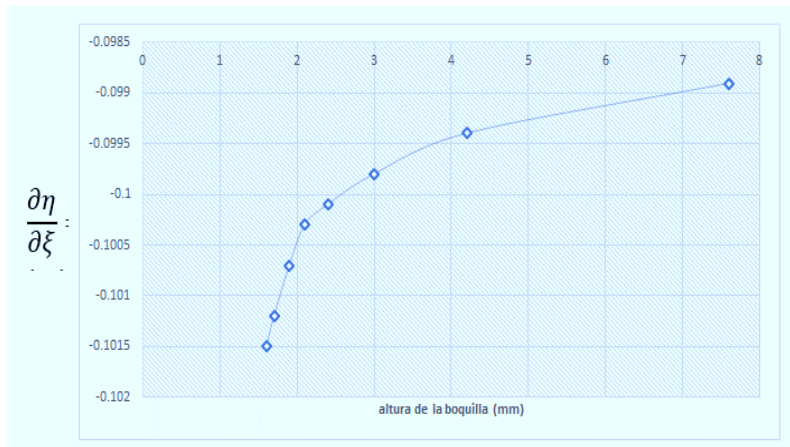
comportamiento de la derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial \xi}$ con un valor de flujo máximo de la sensibilidad de la potencia en un valor de flujo masico de 0.01 kg/s, teniendo un incremento del 10% en la altura de la boquilla de 2.4 mm, respecto al resto de los valores de h. Además de que no se tiene un valor del flujo masico donde se mantenga constante la sensibilidad de potencia, si no mas bien llega a disminuir a partir de 0.1 kg/s.

Figura 8. Derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial Re'_m}$ en funcion de la altura de la boquilla.



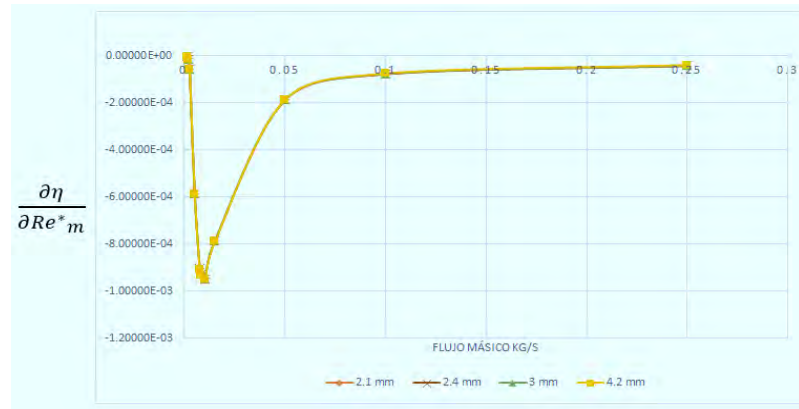
Fuente. Elaboración propia.

Figura 9. Derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial \xi}$ de la altura de la boquilla.



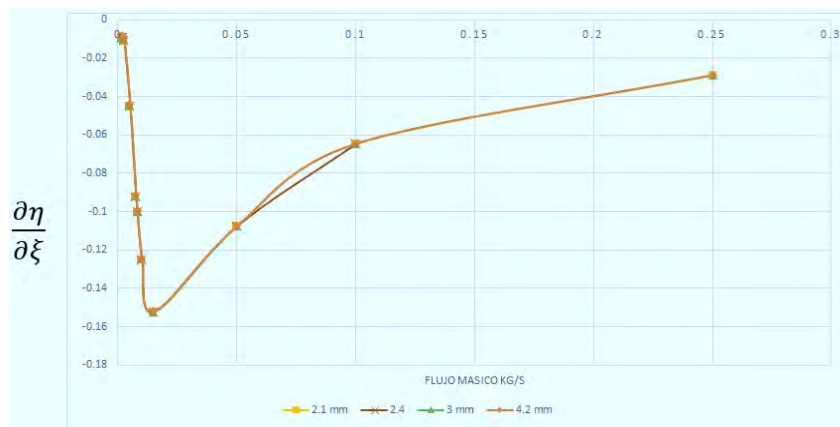
Fuente. Elaboración propia.

Figura 10. Derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial Re^*_m}$ en función del flujo masico .



Fuente. Elaboración propia.

Figura 11. Derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial \xi}$ en función del flujo masico

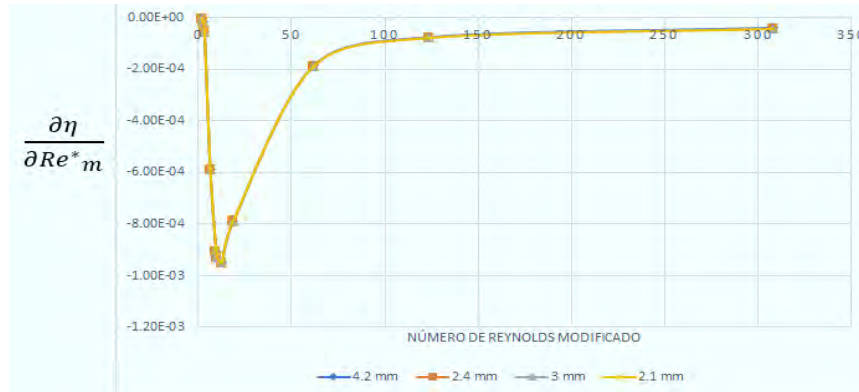


Fuente. Elaboración propia.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE POTENCIA, EN FUNCIÓN DEL NUMERO DE REYNOLDS MODIFICADO

En la figura 12 se muestra la ecuacion diferencial $\frac{\partial \eta}{\partial Re^*_m}$ en función del numero de Reynolds modificado, el cual varia respecto al flujo masico de un rango de 0.001-0.25 kg/s. Se observa que el valor de Re^*_m con mayor sensibilidad de potencia tien un valor de $Re^*_m \approx 2$, que corresponde a un flujo masico de 0.01 kg/s. El comportamiento de la curva es casi el mismo para los valores de la boquilla seleccionados por el usuario, la potencia maxima de la turbina se mantiene constante con un valor del numero de Reynolds modificado a partir de $Re^*_m > 60$

Figura 12. Derivada parcial $\frac{\partial \eta}{\partial Re^*_m}$ en función del numero de reynolds modificado

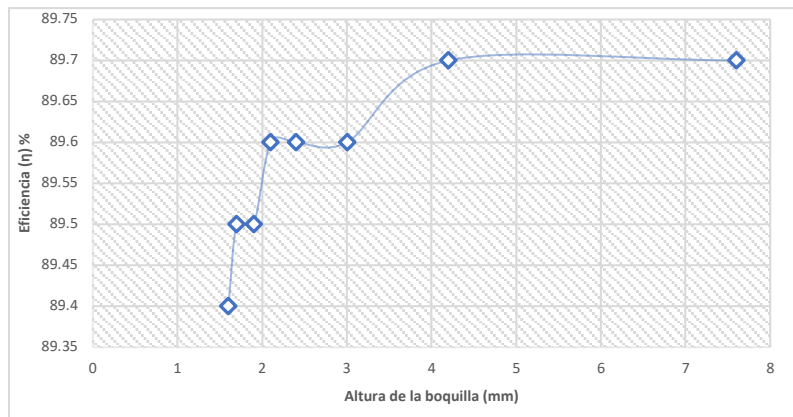


Fuente. Elaboración propia.

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA MECÁNICA DEL ROTOR

Con la Ecuación (13) se determina la eficiencia mecánica del rotor de la turbina, en la Figura 13 se muestra la eficiencia en función de la altura de la boquilla, sin incremento con valores posteriores de $h > 4$ mm, manteniéndose a 89.7%. Estos datos toman importancia al considerar que la eficiencia no tiene un aumento significativo al aumentar la altura, se puede tomar con mayor relevancia los datos que se mencionan en el análisis de sensibilidad puesto que los valores posteriores a 4 mm de h causan una baja potencia. Los valores en que la potencia y la eficiencia se mantienen constante son con valores de $h > 2$ mm y $h < 4$ mm.

Figura 13. Eficiencia mecánica del rotor de la turbina de adhesión en función de la altura de la boquilla.



Fuente. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se diseñó una boquilla de una turbina de adhesión, destinada a microgeneración, con base a la sensibilidad de la potencia de dos variables: altura de boquilla (h) y flujo masico (\dot{m}), mediante la magnitud de la derivada de la eficiencia de la turbina (potencia adimensional) respecto a la relación de radios y el número de Reynolds modificado. El modelo utilizado hace referencia al trabajo de Traum (2017) que representa el modelo analítico de forma cerrada más fácilmente modificable para relacionar parámetros geométricos y fluido de trabajo con rendimiento de la turbina de adhesión. Los resultados del análisis de la sensibilidad de potencia, indican que mientras los valores de las ecuaciones diferenciables sean bajos se obtiene una alta sensibilidad de potencia, no deseables para el diseño.

Los resultados en función de $h < 2$ mm y > 4 mm a un flujo constante de 0.008 kg/s, presentan la mayor sensibilidad de potencia, en las dos ecuaciones diferenciales, lo que pretende evitar para el diseño. Así como valores del flujo másico de entrada en la boquilla de 0.0015 a 0.005 kg/s, presentan los más bajos niveles de potencia. Se concluye que, para el diseño de una turbina de adhesión, que trabaja con una fuente de energía considerada de bajo grado como la biomasa, donde el valor del flujo masico brindado no es relativamente alto y se comporta de forma variable, los parámetros de diseño especificados muestran que una altura fija de 2 a 4 mm y una variación de \dot{m} de 0.008-0.25 kg/s la potencia se mantiene constante.

Estos análisis servirán al diseñador para hacer un ajuste fino del diseño de la turbina de discos que posteriormente le ayudarán en el proceso de diseño final que se pueda realizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghagoli. A., Sorin. M. CFD modelling and exergy analysis of a heat pump cycle with Tesla Turbine using CO₂ as a working fluid. *Journal applied Thermal Engineering*. (2020), .2020.115587.
- Boyd K. E., Rice W., Laminar Inward Flow of an Incompressible Fluid Between Rotating Disks With Full Peripheral Admission, *Journal of Applied Mechanics*, Vol. 35, No. 2, 1968, pp. 229-237.
- Carey V.P. Assessment of Tesla Turbine Performance for Small Scale Rankine Combined Heat and Power Systems. *ASME J. Eng. Gas Turbines Power*, Vol. 132. (2010), p. 122301.
- Castillo. M. Evaluación termodinámica de una turbina de vapor de 350 MW de la CTPALM por falla de alabes de rotores L-1 turbina de baja presión. Instituto Politecnico Nacional. ESIME. (2009). pp. 16.
- Guha A., Smiley B., Experiment and analysis for an improved design of the inlet and nozzle in Tesla disc turbines, *Proceedings IMechE, Part A: J Power and Energy* 224 (2010), 261-277
- Gupta H. E., Kodali, S. P., Design and Operation of Tesla Turbo Machine - A State of the Art Review, *International Journal of Advanced Transport Phenomena*, Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 7-14.
- Hoya G.P., Guha A., The design of a test rig and study of the performance and efficiency of a Tesla disc turbine, *Journal of Power and Energy* 223 (2009), pp. 451-465.
- Krishnan V.G., Design and Fabrication of cm-scale Tesla Turbines. PhD diss., UC Berkeley, 2015.
- Lampart P., Kosowski K., Piwowarski M., Jędrzejewski Ł., Design analysis of Tesla micro-turbine operating on a low-boiling medium, *Polish Maritime Research*, Special issue 2009/S1; pp. 28-33, 10.2478/v10012-008-0041-5.
- Neckel A.L.; Godinho M., Influence of geometry on the efficiency of convergent-divergent nozzles applied to tesla turbines, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.62, 2015-04, pp. 131-140.
- Rice, W., Tesla Turbomachinery, *Proceedings of the 4th International Tesla Symposium*, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Yugoslavia, Sept. 22-25, 1991.
- Song J., Gu C., Li X., Performance estimation of Tesla turbine applied in small scale Organic Rankine Cycle (ORC) system, *Applied Thermal Engineering* Volume 110, 5 January 2017, pp. 318-326

Tahil W., Theoretical Analysis of a Disk Turbine (2), Tesla Engine Builder's Association (TEBA) Newsletter, Vol. 16, 1999, pp 15-16.

Thawichsri K., Wanich N., A comparing on the use of Centrifugal Turbine and Tesla Turbine in an application of Organic Rankine Cycle, The International Journal of Advanced Culture Technology. Vol. 3 (2015), pp. 58-66, 10.17703/IJACT.2015.3.2.58.

Traum M., Fatemeh H., Muhammad A. Extending 'Assessment of Tesla Turbine Performance' Model for Sensitivity-Focused Experimental Design. Journal of Energy Resources Technology. 140. (2017), 10.1115/1.4037967.

Truman C. R., Rice W., Jankowski D. F., Laminar Throughflow of Varying-Quality Steam Between Corotating Disks, Journal of Fluids Engineering, Vol. 100, No, 2, 1978, pp. 194-200.

White. Fluid Mechanics, 7th ed., McGraw-Hill. (2011) p. 382

SISTEMA DE PRODUCCIÓN BIORRACIONAL DE HORTALIZAS EN MACROTÚNEL COMO ALTERNATIVA INNOVADORA

FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS¹, CARLOS DARÍO CRIOLLO CERECERO², JACEL ADAME GARCÍA³, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ⁴, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS⁵

RESUMEN

El establecimiento de un sistema de producción de hortalizas en macrotúnel, puede representar para las familias rurales una estrategia que les asegure la obtención de alimentos de origen vegetal que enriquezcan y complementan su dieta alimenticia, además de la aportación que hace el componente hortícola a través de la biodiversidad de especies, en relación a la alimentación, generación de ingresos y el intercambio de hortalizas. Estos macrotúneles para la producción de hortalizas pueden llegar a ser unidades de producción familiar y una estrategia para la población rural para obtener la producción de alimentos a bajo costo y alcanzar con ello, la seguridad alimentaria. En el Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Úrsulo Galván, se ha construido un macrotúnel a través del apoyo de proyectos de investigación financiados por el TecNM, el cual ha servido para realizar investigaciones sobre insecticidas a base de entomopatógenos y bacterias fijadoras de nitrógeno, como productos biorracionales potenciales en la producción de hortalizas en macrotúnel. De tal forma que se han ido generando alternativas innovadoras de producción de hortalizas en macrotúnel para las condiciones de la región centro costera de Veracruz.

Palabras clave: chile habanero, Bacillus, entomopatógenos, biofertilizantes

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. carlosdario46@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jazzjvn@hotmail.com

⁵ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jose.antonio.itug@gmail.com

ABSTRACT

The establishment of a macro-tunnel vegetable production system can represent for rural families a strategy that ensures that they obtain foods of plant origin that enrich and complement their diet, in addition to the contribution made by the horticultural component through the biodiversity of species, in relation to food, income generation and the exchange of vegetables. These macro-tunnels for vegetable production can become family production units and a strategy for the rural population to obtain low-cost food production and thereby achieve food security. At the Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Úrsulo Galván, a macro-tunnel has been built through the support of research projects funded by the TecNM, which has served to carry out research on insecticides based on entomopathogens and nitrogen-fixing bacteria, as potential biorational products in macro-tunnel vegetable production. In such a way that innovative alternatives for the production of vegetables in macro-tunnel have been generated for the conditions of the central coastal region of Veracruz.

Key words: habanero pepper, Bacillus, entomopathogens, biofertilizers

INTRODUCCIÓN

En México la horticultura es una de las actividades más importantes y con mayor capacidad exportadora de sus productos, además de tener una particular importancia en la agricultura de subsistencia en las comunidades rurales y la contribución en la generación de empleos en el campo. Hasta el cierre del año 2016, México se posicionó en el 9º lugar como productor de hortalizas en el mundo, al alcanzar una producción de 14.1 millones de toneladas de una amplia variedad de especies de este alimento que se cultivan a lo largo y ancho del territorio nacional (SIAP, 2016).

Por volumen de producción, el jitomate, chile verde, cebolla, pepino y calabacita son las principales hortalizas que se cultivan en México, y en conjunto aportan cerca de 4.3 millones de toneladas. El estado de Veracruz ocupa el 2º lugar en superficie sembrada con chile verde y el 6º lugar con jitomate, con valores de producción de 27, 556 ton y 22,106 ton, respectivamente (SIAP, 2018). En condiciones protegidas

tiene aproximadamente 0.105 Ha en producción de chile y 9.746 Ha de jitomate (SIAP, 2020).

La agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima y las plagas sobre los vegetales. Para la protección de las plantas se han desarrollado varios tipos de estructuras que plantean diferentes alternativas en relación a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región (Juárez-López et al., 2011).

Los macrotúneles son estructuras utilizadas en la agricultura protegida, no tienen las características apropiadas en ancho y altura para ser considerados invernaderos, pero sus dimensiones permiten que las labores se realicen en el interior (Juárez-López et al., 2011). Tienen de 4 a 5 m de ancho y 2 a 3 m de altura en la parte más elevada, con longitudes variables, que para facilitar su manejo se recomienda no sean mayores a 60 m, aunque en México existen algunos de hasta 100 m de largo (Juárez-López et al., 2011). Este tipo de estructuras son ideales para la producción de hortalizas y plantas ornamentales y tienen como ventaja su fácil construcción y bajo costo.

Los macrotúneles han generado mayores rendimientos en los cultivos y en la obtención de productos de calidad e inocuidad, que cumplen los estándares que demandan los mercados y el autoconsumo (Velásquez et al., 2014).

Por las características que presentan y la diversidad de materiales que pueden ser utilizados para su construcción, los macrotúneles son una alternativa de producción de alimento en pequeños espacios que pueden ser utilizados como huertos familiares ubicados en solares, traspatios, parcelas y terrenos, pudiendo ser ecosistemas agrícolas situados cerca de los hogares (Montaño-Rodríguez et al., 2019; Velásquez et al., 2014).

El establecimiento de un sistema de producción de hortalizas en macrotúnel, puede representar para las familias rurales una estrategia que les asegure la obtención de alimentos de origen vegetal que enriquezcan y complementan su dieta alimenticia, además de la aportación que hace el componente hortícola a través de la

biodiversidad de especies, en relación a la alimentación, generación de ingresos y el intercambio de hortalizas (Bonilla-Aparicio et al., 2013). Estos macrotúneles para la producción de hortalizas pueden llegar a ser unidades de producción familiar y una estrategia para la población rural para obtener la producción de alimentos a bajo costo y alcanzar con ello, la seguridad alimentaria (Ramírez-García et al., 2015).

Actualmente la postura de sistemas de producción más sustentables y alimentos más inocuos demanda productos biorracionales para el manejo de las hortalizas, por ejemplo, biofertilizantes e insecticidas biorracionales a base de microorganismos como bacterias (Augusto et al., 2015; Murillo-Cuevas et al., 2020; Reyes-Pérez et al., 2018; Reyes et al., 2015; Rodríguez-Dimas et al., 2008).

El uso irracional de productos químicos en la horticultura con el fin de satisfacer la demanda de sus productos constituye un problema global que nos afecta de manera directa e indirecta, debido a esto se hace necesario la búsqueda de nuevas alternativas de fertilización y control de plagas con productos orgánicos o biorracionales. Por tal motivo resulta de vital importancia los sistemas innovadores encaminadas a desarrollar alternativas ecológicas que puedan sustituir o disminuir el uso de productos químicos en la producción de hortalizas, que pueden provocar fuertes daños al medioambiente y salud pública (Augusto et al., 2015; Murillo-Cuevas et al., 2020; Reyes Pérez et al., 2016; Rodríguez-Dimas et al., 2008).

DESARROLLO

En el Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Úrsulo Galván, se construyó un macrotúnel a través del apoyo de proyectos financiados por el Tecnológico Nacional de México, el cual ha servido para realizar investigaciones sobre insecticidas a base de entomopatógenos y bacterias fijadoras de nitrógeno, como productos biorracionales potenciales en la producción de hortalizas en macrotúnel.

El macrotúnel está localizado en el km 4.5 Carretera Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván, Veracruz, en las coordenadas 19°24'45.87"N y 96°21'26.82"O. Las condiciones ambientales del estudio corresponden a una planicie costera a 6 msnm con un clima tropical subhúmedo, lo cual representa un reto para la utilización de invernaderos por las altas temperaturas prevaecientes, lo cual hace un ambiente propicio para la expresión de plagas, especialmente para hortalizas (Murillo-Cuevas et al., 2020).

En el macrotunel se estableció la producción de chile habanero con semillas proporcionadas por el Campo Experimental Cotaxtla de INIFAP. Las plantas de chile se inocularon con bacterias fijadoras de nitrógeno para evaluar la respuesta agronómica de los cultivos.

RESULTADOS

El macrotúnel se diseñó empleando materiales como tubos galvanizados de ½", alambre galvanizado calibre 14, varillas de 3/8", solera de 1 x 1/8", estacas de 3/8" y 30 cm en forma de "L", estacas rectas de 3/8" y 30 cm de largo, tubular cintro de 1". Una vez unidos los materiales con las medidas adecuadas se formó un túnel, el cual se forró de forma paralela, con malla antiáfidos de 40 x 25 y de 3.65 ancho (Figura 1). El monto invertido en el diseño del macrotunel fue de \$9,000.00.

Figura 1. Macrotunel de 3 x 30 m.



El macrotunel cuenta con dos puertas y un espacio previo a la entrada cubierto con malla para evitar la entrada de áfidos. Se instaló un sistema de riego que cuenta con tres líneas de 30 m de largo de manguera ciega 16 mm, conectadas a la línea principal con tres válvulas de paso para controlar el riego. Los materiales empleados además de la manguera fueron Tee esp. 16mm, codo esp. 16mm, válvula 16mm, final de línea 16mm, gotero desarmable 4.2lph, distribuidor 2 salidas, estaca curva laberinto, microtubo 3/5", conector 1/2" x 16mm. Lo que sumó un total de \$3,000.00. Para el establecimiento de las plantas se prepararon los sustratos para lo cual se empleó sustrato Promix (a base de vermiculita y perlita combinada con turba de Sphagnum fibrosa) y composta. El cultivo se estableció en bolsas negras de poliestireno para vivero de 30 X 35. Para lo cual se invirtieron \$2,000.00. La composta y el Promix se mezclaron en cantidades iguales tomando como unidad de medida cubetas con capacidad de 20 L. Posteriormente las combinaciones se colocaron en bolsas para vivero para tener dos tratamientos T1=50% composta y 50% sustrato y T2=100% composta.

Las semillas de chile se germinaron en charolas y al mes se realizó el trasplante. Cada una de las plantas se inoculó con bacterias del género Bacillus con potencial para fijar nitrógeno (Figura 2). La toma de datos inició a partir de la primera semana de germinación. Las variables a medir fueron: % de germinación, altura (cm), grosor de tallo (cm). El frijol inicio floración fue a los 84 días, presentando ya sus primeros frutos en a los 91 días (Figura 3).

Figura 2. Inoculación de las plantas de chile con bacterias fijadoras de nitrógeno.



Figura 3. Plantas de chile al inicio de la floración

El macrotúnel disminuye el uso de agroquímicos (pesticidas, insecticidas, fungicidas), por lo que se considera como un modelo agronómico de producción sustentable. Cuenta con una infraestructura productiva de bajo costo, que es una alternativa social porque puede ser una fuente de generación de empleo, producción de alimentos y de ingresos. Se hace el uso correcto del agua mediante técnicas de fertirrigación y al mismo tiempo permite el uso de productos biorracionales como lo es la biofertilización por medio de microorganismos, en este caso bacterias con potencial fijador de nitrógeno. Ya que las bacterias al ser puestas a prueba en el experimento realizado en plantas de chile cumplieron con el proceso de fijación. Se observaron plantas sanas, sin la presencia de síntomas por deficiencia de nitrógeno, además de que se obtuvo producción de chile habanero. Las plantas pararon por sus etapas fenológicas sin tener que recurrir a los fertilizantes químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Augusto, R., Murillo, L., Reyes, J., John, R., Reyes, M., Murillo, G., Armijos, C., Coronel, A., Ulloa, C., & Travéz, R. (2015). Organic fertilizer and its effects on the growth and development of tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola*, 42(4), 69–76.
- Bonilla-Aparicio, M. E., Salcido-Ramos, B. A., Paredes- Sánchez, J. A., Aguirre-Álvarez, L., Méndez-Cadena, M. E., & Hernández-Rodríguez, M. de L. (2013). La diversidad hortícola para la seguridad alimentaria en municipios marginados del estado de Puebla. *Ra Ximhai*, 2, 151–163. <https://doi.org/10.35197/rx.09.02.e.2013.11.mb>
- Juárez-López, P., Bugarín Montolla, R., Castro Brindis, R., Sánchez-Monteón, A., Cruz-Crespo, E., Juárez Rosete, C., Alejo Santiago, G., & Balois Morales, R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, 3(8), 21–27.
- Montaño-Rodríguez, S., Villagrán-Munar, E. A., Osorio-Fiaga³, D. F., Bojacá-Aldana, C. R., & Velásquez-Vargas, W. L. (2019). Simulación numérica del comportamiento térmico de un macro túnel utilizado para la producción de hongos comestibles bajo condiciones de clima tropical. *Revista Tecnología En Marcha*, 32(13), 78–85. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4263>
- Murillo-Cuevas, F., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Fernández-Viveros, J., Villegas-Narváez, J., López-Morales, V., Vázquez-Hernández, A., & Meneses-Márquez, I. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotecnia*, 22(1), 39–47.
- Ramírez-García, A. G., Sánchez García, P., & Montes Rentería, R. (2015). Unidad de producción familiar como alternativa para mejorar la seguridad alimentaria en la etnia yaqui en Vicam, Sonora, México. *Ra Ximhai*, 11(5), 113–136. <https://doi.org/10.35197/rx.11.01.e3.2015.07.gr>
- Reyes-Pérez, J., Luna-Murillo, R., Zambrano-Burgos, D., Vázquez-Morán, V., Rodríguez-Pedroso, A., & Ramírez-Arrebato, MA Guzmán-Acurio JA, González-Rodríguez JC, T.-R. J. (2018). Efecto de abonos orgánicos en el crecimiento y rendimiento agrícola de la berenjena (*Solanum melongena* L.). *Biotecnia*, 1, 8–12.
- Reyes, P., Torres, R., Murillo, A., Herrera, H., Guridi, I., Luna, M., López, B., & Real, G. (2015). Humatos de vermicompost y su efecto en el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Biotecnia*, 2, 9–12.

- Reyes Pérez, J. J., Torres Rodríguez, J. A., Murillo Amador, B., Herrera Herrera, M. F., Guridi-Izquierdo, F., Luna-Murillo, R. A., López Bustamante, R. J., & Real Goya, G. E. (2016). Humatos de vermicompost y su efecto en el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Biotecnia*, 17(2), 9–12.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano Ríos, P., Figueroa Viramontes, U., Palomo Gil, A., Favela Chávez, E., Álvarez Reyna, V. D. P., Márquez Hernández, C., & Moreno Reséndez, A. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 3, 265–272.
- SIAP. (2016). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Blog. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/articulos/somos-novenoproductor-de-hortalizas-a-nivel-mundial>
- SIAP. (2018). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Avance de Siembras y Cosechas, Resumen por estado. Resumen Producto.
- SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Superficie cubierta y número de instalaciones de agricultura protegida 2014. Agricultura Protegida. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/agricultura-protegida>
- Velásquez, V., E., P. R., J., H. C., & Germán Luna C., C. (2014). Productividad de lechuga *Lactuca sativa* en condiciones de macrotúnel en suelo Vitric haplustands. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 93–105. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.34>

GENIFIX: BIOFERTILIZANTE A BASE DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

VICTOR VELÁZQUEZ MENDOZA,¹ JACEL ADAME GARCÍA,² JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ,³
FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS,⁴ JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS⁵

RESUMEN

El nitrógeno constituye aproximadamente 78% de la atmósfera, misma que representa el mayor reservorio de este elemento. Los diazotopos de vida libre contribuyen a la fijación de nitrógeno en forma natural (biofertilización). Ésta no causa efectos perjudiciales al ambiente, ya que las bacterias se sitúan en la rizósfera de la planta para proveer el nitrógeno. Los biofertilizantes se deben formular con bacterias que tengan la capacidad fijadora de nitrógeno comprobable, lo que significa que estas bacterias presenten la enzima nitrogenasa encargada de la reducción del nitrógeno atmosférico. GeniFix: Biofertilizante a base de bacterias fijadoras de nitrógeno, es un bioproducto seguro y eficiente que beneficia la producción de alimentos inocuos y disminuye el uso indiscriminado de los fertilizantes químicos. GeniFix está formulado a base de bacterias que expresan la enzima nitrogenasa encargada de la reducción del nitrógeno atmosférico a través de los genes *nifH*, *nifD* y *nifK*. El proceso en que se seleccionaron las bacterias permite reducir tiempos de ejecución en comparación de las que se seleccionan de forma tradicional (a través de su crecimiento en medios de cultivo suplementados con fuentes de nitrógeno).

Palabras clave: genes específicos, *nifH*, *nifD* y *nifK*,

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. victormdza16@gmail.com

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jazzjvn@hotmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

⁵ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jose.fv@ugalvan.tecnm.mx

ABSTRACT

Nitrogen constitutes approximately 78% of the atmosphere, which represents the largest reservoir of this element. Free-living diazotrophs contribute to nitrogen fixation naturally (biofertilization). This does not cause harmful effects to the environment, since the bacteria are located in the rhizosphere of the plant to provide nitrogen. Biofertilizers must be formulated with bacteria that have verifiable nitrogen-fixing capacity, which means that these bacteria present the nitrogenase enzyme responsible for the reduction of atmospheric nitrogen. GeniFix: Biofertilizer based on nitrogen fixing bacteria, it is a safe and efficient bioproduct that benefits the production of safe food and reduces the indiscriminate use of chemical fertilizers. GeniFix is formulated from bacteria that express the nitrogenase enzyme responsible for the reduction of atmospheric nitrogen through the *nifH*, *nifD* and *nifK* genes. The process in which the bacteria were selected allows to reduce execution times compared to those that are selected in the traditional way (through their growth in culture media supplemented with nitrogen sources).

Keywords: specific genes, *nifH*, *nifD* and *nifK*,

INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes son productos elaborados con microorganismos con características que benefician a las plantas, los cuales pueden sustituir parcial o totalmente la fertilización con productos sintéticos. Esta aplicación tiene ventajas para el ambiente al disminuir el uso de fertilizantes químicos. Entre los microorganismos que se utilizan en los biofertilizantes se encuentran los que tienen la capacidad de promover el crecimiento de las plantas al fijar nitrógeno atmosférico, solubilizando el hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia a la sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta (Armenta Bojórquez et al., 2010). Por otro lado, a los biofertilizantes se les pueden incluir microorganismos capaces de disminuir o prevenir los efectos de microorganismos patógenos (Bashan & Holguin, 1998; Lucy et al., 2004).

Existen microorganismos que pueden hacer doble función, promover el crecimiento e inhibir los efectos de microorganismos patógenos (Kloepper et al., 1980). Algunas especies de bacterias como por ejemplo *Bacillus subtilis* producen auxinas que promueven el crecimiento de las plantas e inducen resistencia sistémica contra patógenos (Gupta et al., 2000).

Entre los microorganismos que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (diazotróficos) se pueden encontrar los que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre y los que fijan el nitrógeno en forma simbiótica con plantas leguminosas y no leguminosas, las mayores cantidades de nitrógeno atmosférico fijado, es llevado a cabo por leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* (Munoz-Aguilar et al., 1988).

En el suelo se encuentran las bacterias fijadoras de nitrógeno como componentes importantes las cuales requieren una fuente de energía química. En los seres vivos, para asegurar la disponibilidad de carbono y nitrógeno es necesario que se lleven a cabo dos procesos: la fotosíntesis y la fijación biológica del nitrógeno (Mayz-Figueroa, 2004). En la atmósfera el nitrógeno ocupa aproximadamente el 80%, existiendo en la forma $N\equiv N$; este triple enlace hace a la molécula de nitrógeno casi inerte, lo que provoca que no pueda ser aprovechado por las plantas, pero si por un pequeño grupo de microorganismos altamente especializados.

Estos microorganismos llevan a cabo la fijación biológica de nitrógeno mediante la cual reducen y posteriormente fijan la forma de iones amonio (NH_4) o nitrato (NO_3^-) (Parsons & Sunley, 2001). La fijación biológica del nitrógeno es mediada por el complejo nitrogenasa (Mayz-Figueroa, 2004) cuyas múltiples subunidades están codificadas por los genes *nifH*, *nifD* y *nifK* (Rubio & Ludden, 2002). Aunque la presencia del gen *nifH* no indica la actividad de la nitrogenasa, sus transcriptos se usan para rastrear diazótrofos activos (Church et al., 2005). Por lo que este gen, que codifica una subunidad de la nitrogenasa, se ha usado extensivamente como un marcador molecular para estudiar la filogenia, diversidad y abundancia de los microorganismos fijadores de nitrógeno (Gaby & Buckley, 2012; Raymond et al., 2004).

Por lo que el objetivo de este trabajo fue obtener un biofertilizante a base de aislamientos de diazótrofos de suelo que contaron con la presencia del gen específico para bacterias fijadoras de nitrógeno, el gen *nifH*.

METODOLOGÍA

Los sitios de muestreo se establecieron en los terrenos pertenecientes al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG), ubicado en las coordenadas de 19°24'43.13" Norte y 96°21'32.61" Oeste, en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México. El clima de esta región se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger, definido como cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura que oscila entre 24 y 26 °C, y un rango de precipitación entre 1100 mm y 1300 mm (García, 2004).

Se establecieron seis áreas para el muestreo, concernientes a seis diferentes usos de suelo: 1) Cultivo de limón persa; 2) Cultivo de caña de azúcar; 3) Cultivo de lichi; 4) Un área con pasto; 5) Cultivo Agroforestal que cuenta con especies vegetales como Morera (*Morus alba*), Colorín (*Erythrina americana*), Bambú (*Bambusa vulgaris*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Mulato (*Bursera simaruba*) y Cocuite (*Gliricidia sepium*); y 6) Área de acahual que presenta una vegetación de selva baja caducifolia, relacionada a las zonas costeras donde podemos encontrar Cocuite (*Gliricidia sepium*), Nacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), Jilote (*Bursera simaruba*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Huizache (*Acacia cochliacantha*), Palma de coyol (*Acrocomia aculeata*), Capulín (*Karwinskia humboldtiana*), Guaje (*Lysiloma divaricatum*), entre otros, así como varias especies herbáceas, arbustivas, orquídeas y hongos Basidiomycota.

En cada una de las áreas de uso de suelo se realizaron muestreos en época de lluvia y de estiaje. Para el muestreo se empleó un barreno manual y se tomó suelo de la zona de la rizósfera a una profundidad aproximada de 15 cm, previamente se eliminó la capa superficial (hojarasca y materia orgánica en descomposición). Se realizaron muestras compuestas para cada área de estudio.

Para la obtención de los microorganismos se empleó el método de difusión en placa y diluciones seriadas. Se pesaron 10 g de suelo y se colocaron en un matraz erlenmeyer de 250 mL estéril, y se adicionaron 90 mL de solución estéril de fosfato de potasio (KH_2PO_4 0.25 M) (NOM-010-SSA1-1994, 1994). La solución se agitó a 120 rpm durante 10 min en un agitador orbital (Lab Line) y se prepararon cinco diluciones (1:9) adicionales. Se dispersaron 0.1 mL de cada dilución, sobre la superficie de las cajas petri que contenían medios de cultivo libres de nitrógeno.

Se empleó el medio Winogradsky pH 6.5-7.0 [Sacarosa 10 g/L, CaCO_3 0.1 g/L, Agar 15 g/L, 5 ml Solución mineral (K_2HPO_4 50 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 25 g/L, NaCl 25 g/L, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1 g/L, $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1 g/L, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1 g/L)] y el medio JMV pH 6.5 [(Manitol 3 g/L, Sacarosa 2 g/L, 2 ml K_2HPO_4 10%, 15 ml KH_2PO_4 10%, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2 g/L, NaCl 0.1 g/L, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.02 g/L, Agar 15 g/L, 2 ml Solución micronutrientes CuSO_4 0.04 g/L, ZnSO_4 1.2 g/L, H_3BO_3 1.4 g/L, $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1 g/L, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1.175 g/L), 1 ml Solución de vitaminas (Biotina 10 mg/L, piridoxina-HCl 20 mg/L) cada uno de ellos suplementado con Nistatin, a una concentración de 75 ug/ml, y ajustado su pH a 6.5 a 7.

Las cajas se incubaron a 26°C durante 5 días y se seleccionaron las que mostraron crecimiento visible y diversidad de microorganismos, para proceder con el aislamiento selectivo y purificación de las cepas con posible capacidad nitrificadora. Con ayuda de un asa de siembra se tomaron las colonias diferenciadas, y se inocularon mediante estría cruzada en cajas Petri que contenían medio Winogradsky y medio JMV. Los microorganismos que mostraron crecimiento en los medios de cultivo selectivos se les considero con capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. Los aislamientos se almacenaron en tubos para microcentrifuga de 1.5 mL que contenían glicerol al 20% (w/v), y se almacenaron -10°C para su preservación a largo plazo.

La extracción de ADN de bacterias se realizó de acuerdo al método de Giraffa et al. (2000) con algunas modificaciones, se colocó 1 mL de la solución del microorganismo aislado en un tubo de centrifuga de 1.5 mL y se centrifugó a 8000 g por 2 min. Transcurrido el tiempo se descartó el sobrenadante, conservando el pellet, se añadieron 150 µL de la solución de Chelex al 10%, y se mezcló en vortex

durante 10 s, se incubó en calor seco a 100°C por 45 min. Posteriormente se agitó en vortex 10 s, se centrifugó a 7000 g por 15 min a 4°C. Finalmente, se transfirió el sobrenadante a un tubo nuevo y se conservó a -20°C.

La cantidad y calidad del ADN extraído se determinó mediante la absorbancia 260/280 nm utilizando el espectrofotómetro (Thermo Scientific Nano Drop OneC). Para evaluar el grado de degradación/integridad del ADN se llevó a cabo una electroforesis en geles de agarosa al 0.8% (TBE 0.5 X) en una cámara horizontal (BioRad) a 100 V. Los geles se tiñeron en 100 mL de solución TBE 1X adicionado con 2 µL de bromuro de etidio (10 mg mL⁻¹) durante 20 min y se visualizaron con un sistema de fotodocumentación (GelDoc®).

Para la amplificación del producto de 360 pb que codifica a la enzima nitrogenasa, se emplearon los oligonucleótidos específicos Po1R (5'TGC GAY CCS AAR GCB GAC TC3') y Po1F (5'ATS GCC ATC ATY TCR CCG GA3') (Poly et. al., 2001). La amplificación se llevó a cabo en un volumen de reacción de 25 µL que consistió en 1X tampón PCR, 2.5 mM MgCl₂, 1 U Taq DNA pol, 0.25 mM dNTPs, 10 pM de cada iniciador (Po1R y Po1F), y 1 µL de DNA genómico. La amplificación se realizó en un termociclador (pQlab®), bajo el siguiente programa de ciclos térmicos: una desnaturalización inicial de 2 min a 94°C, 30 ciclos desnaturalización a 94°C por 1 min, alineamiento a 55°C por 1 min y extensión a 72°C por 2 min; seguido de una extensión final a 72°C durante 5 min.

Las cepas bacterianas que amplificaron el gen se seleccionaron para realizar el biofertilizante y evaluar el efecto de éste en plantas a través de tres aspectos: germinación de planta, vigor de planta (altura y grosor de tallo,) y cantidad de nitrógeno en planta. Se utilizaron plantas de maíz y chile. La siembra se realizó en bolsas de plástico con suelo y se mantuvieron a condiciones ambientales durante 45 días. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para visualizar las correlaciones entre la presencia del gen nifH en los de microorganismos de vida libre y la actividad fijadora de nitrógeno en plantas.

RESULTADOS

Los microorganismos de vida libre con capacidad fijadora de nitrógeno del suelo de cítricos, caña de azúcar, lichi, pasto, agroforestal y acahual variaron entre los usos de suelo. Siendo en promedio mayor en suelo Agroforestal (480,000 UFC/g). El suelo con litchi y acahual fueron los que registraron menores cantidades de microorganismos fijadores de nitrógeno con 260,000 y 160,000 UFC/g, mientras que los suelos con cultivo de caña de azúcar y cítricos no desarrollaron crecimiento de microorganismos fijadores de nitrógeno en los medios de cultivo selectivos (Figura 1).

De cada una de las cajas con crecimiento microbiano se seleccionaron los microorganismos con características morfológicas distintas, de un total de 190 cepas de bacterias aisladas de la rizósfera de los seis diferentes sitios de muestreo se seleccionaron 72 cepas que presentaron características adecuadas a fijadoras de nitrógeno (Figura 2) dichas características morfológicas fueron colonias rojas o translucidas blancas (según el medio de cultivo), amarillas, grises, redondas, planas y elevadas, brillantes, de tamaño pequeño y mediano.

Figura 1. Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo de microorganismos fijadores de nitrógeno en los diferentes usos de suelo.

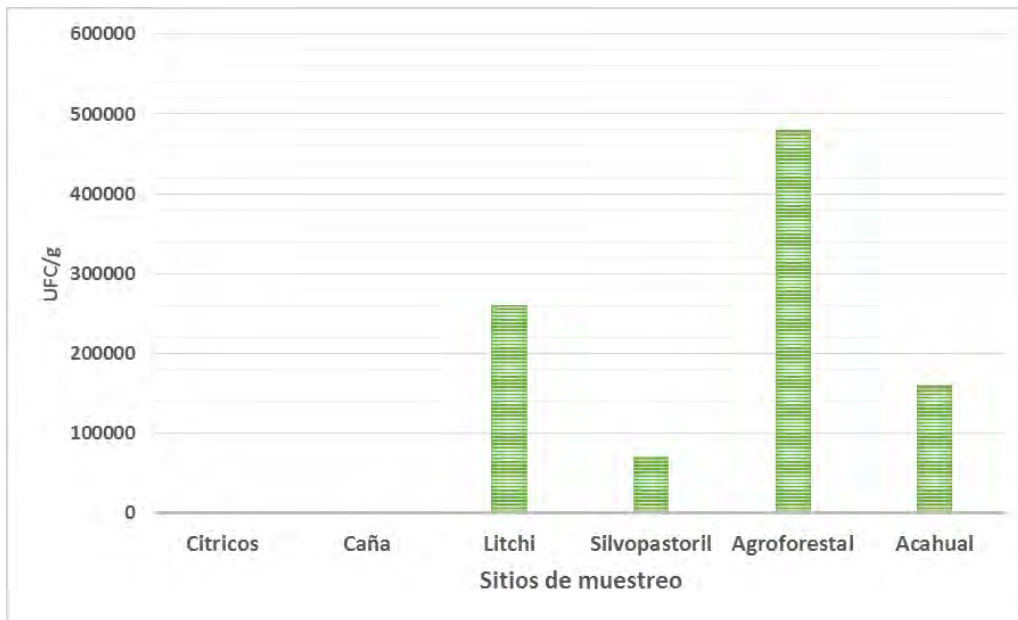
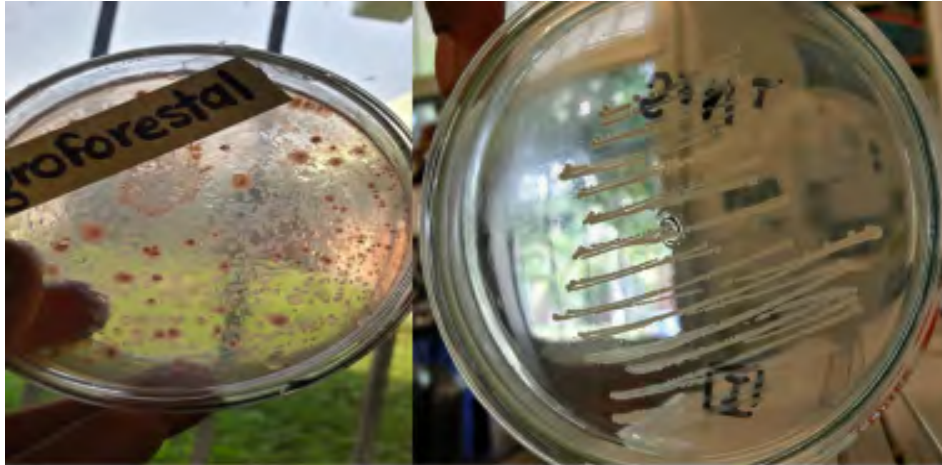
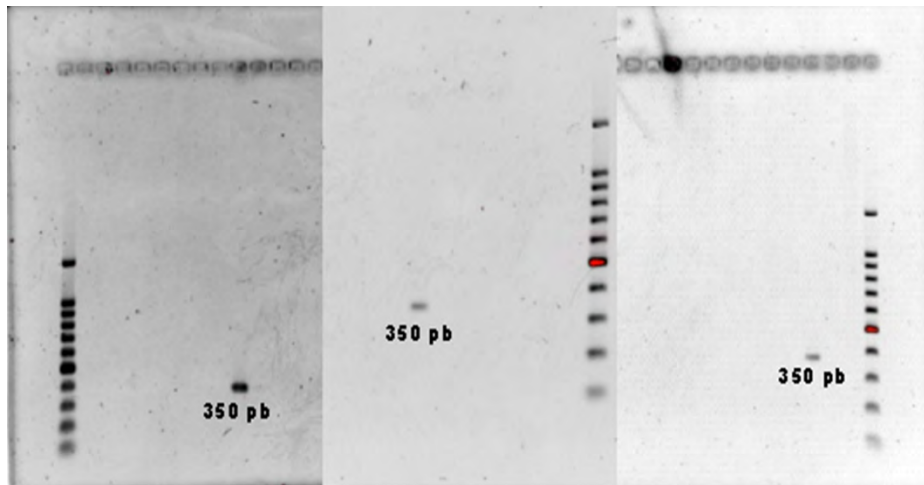


Figura 2. Características morfológicas de las colonias seleccionadas, adecuadas a fijadoras de nitrógeno.



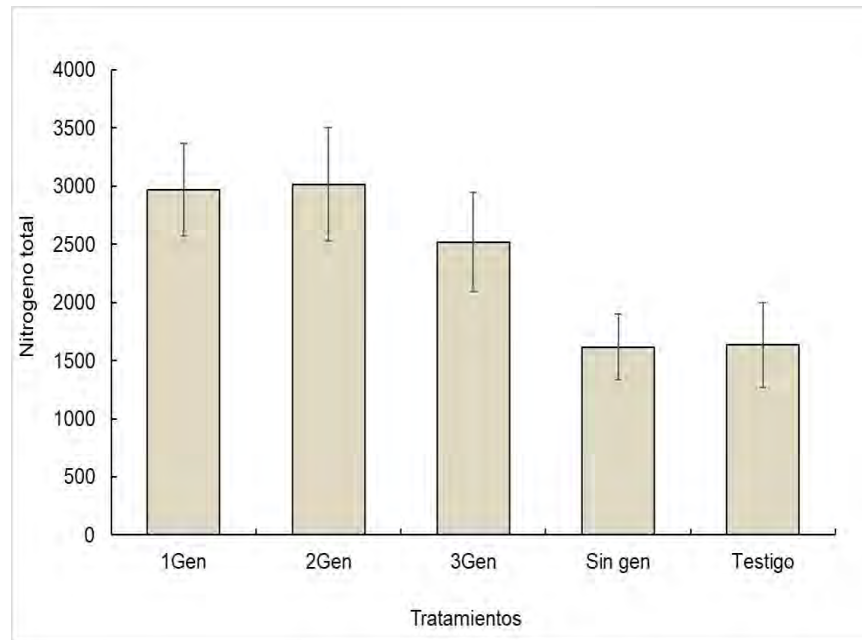
Una vez que se seleccionaron las cepas bacterianas, se realizó la extracción de ADN y posteriormente se amplificó el gen *nifH*. De un total de 72 muestras solo seis cepas amplificaron una banda de 350 pb correspondiente al gen esperado (Figura 3).

Figura 3. Amplificación del gen *nifH* en cepas bacterianas.



Realizada la amplificación del gen *nifH* se formuló el biofertilizante con las bacterias que lo amplificaron y se aplicó a plantas de maíz y chile para su evaluación. Los formulados de bacterias que amplificaron el gen *nifH*, al ser puestos a prueba en el experimento realizado en plantas cumplieron con el proceso de fijación. El porcentaje de nitrógeno presente en las plantas fue más alto que los obtenidos con las bacterias que no presentaron el gen (Figura 4), lo que asegura que el biofertilizante está dando buenos resultados y que al aplicarlo las plantas lo están aprovechando en su crecimiento.

Figura 4. Nitrógeno total en plantas de maíz con aplicación del biofertilizante que contiene bacterias que amplificaron el gen *nifH*.



DISCUSIÓN

Vessey (2003) menciona que las diferencias en cuanto al número de UFC de las bacterias de vida libre y su distribución en determinados usos de suelo, se ven afectados positiva o negativamente de acuerdo a diversos factores como las características físicas y químicas incluyendo contenido de materia orgánica, humedad, relación carbono nitrógeno y pH, las condiciones climáticas y exudados de las raíces de las plantas que sirven de nutrientes para estas poblaciones, afectando así la distribución de estos microorganismos. Condiciones que en este trabajo se presentaron ya que al tener diferente uso de suelo los sitios tienen distintas condiciones, las cuales cambian de acuerdo al cultivo establecido y al manejo que se le esté proporcionando.

En este trabajo los sitios con el cultivo de caña de azúcar, pasto y con cítricos fueron los que presentaron menor recuperación de aislamientos con respecto al sitio agroforestal y acahual, este resultado contrasta los resultados reportados por diversos autores, quienes encontraron una mayor recuperación de aislamientos primarios en suelos de pastizal, seguidos por los sitios con mayor riqueza vegetal como los bosques, además mencionan alta presencia de bacterias diazótroficas en el

interior y en la superficie de las raíces de varias gramíneas tropicales. Ellos afirman que el cambio de vegetación, y en especial la presencia de gramíneas, pueden favorecer el establecimiento de bacterias aerobias y microaerófilas (Mantilla-Paredes et al., 2009), situación que no se presentó en este trabajo.

Las bacterias de vida libre (diazótrofas) son capaces de fijar el nitrógeno de la atmósfera, dejándolo disponible en formas más asimilables para las plantas. Esta capacidad fijadora se lleva a cabo por la presencia de la enzima nitrogenasa, cuya información genética se encuentra codificada en los genes *nif* (Raymond et al., 2004).

La presencia de las bandas del gen *nifH* coincide con lo reportado por Liu et al. (2017) en el que algunas cepas bacterianas que se desarrollaron en medio selectivos para fijadoras de nitrógeno no presentaron amplificación o bandas visibles, los autores mencionan que la imagen pudo no ser visible o que no haya amplificación del gen *nifH*. Al igual que los resultados de este trabajo, los autores antes mencionados obtuvieron productos de PCR de una longitud de 350 pb. Estos mismos autores mencionan que la existencia de los genes *nifH* no siempre significa la actividad de la enzima nitrogenasa debido a que esta enzima está regulada en niveles pre-y post-traduccionales.

CONCLUSIONES

Estos resultados obtenidos proporcionarían las bases para el desarrollo de un biofertilizante de alta calidad y eficiencia, que beneficien al sector agrícola.

El nitrógeno es un nutriente indispensable a considerar para el manejo de nutrición en los cultivos, ya que contribuye al crecimiento y desarrollo de las plantas. Los microorganismos son importantes ya que sin ellos la fijación de nitrógeno no sería posible, pues son las bacterias las que proporcionan tal proceso que es en gran suma benéfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armenta Bojórquez, A. D., García Gutiérrez, C., Camacho Báez, J. R., Apodaca Sánchez, M. Á., Gerardo Montoya, L., & Nava Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 51–56. <https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.07.aa>
- Bashan, Y., & Holguin, G. (1998). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: Biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(8–9), 1225–1228. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00187-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00187-9)
- Church, M. J., Short, C. M., Jenkins, B. D., Karl, D. M., & Zehr, J. P. (2005). Temporal patterns of nitrogenase gene (*nifH*) expression in the oligotrophic North Pacific Ocean. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(9), 5362–5370. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.5362-5370.2005>
- Gaby, J. C., & Buckley, D. H. (2012). A comprehensive evaluation of PCR primers to amplify the *nifH* gene of nitrogenase. *PLoS ONE*, 7(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042149>
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. In *Instituto de Geografía*.
- Giraffa, G., Rossetti, L., & Neviani, E. (2000). An evaluation of chelex-based DNA purification protocols for the typing of lactic acid bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 42(2), 175–184. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(00\)00172-X](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(00)00172-X)
- Gupta, V. P., Bochow, H., Dolej, S., & Fischer, I. (2000). Plant growth-promoting *Bacillus subtilis* strain as potential inducer of systemic resistance in tomato against *Fusarium* wilt. *Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz*, 107(2), 145–154.
- Kloepper, J. W., Leong, J., Teintze, M., & Schroth, M. N. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*, 286(5776), 885–886. <https://doi.org/10.1038/286885a0>
- Liu, H., Zhang, L., Meng, A., Zhang, J., Xie, M., Qin, Y., Faulk, D. C., Zhang, B., Yang, S., & Qiu, L. (2017). Isolation and molecular identification of endophytic diazotrophs from seeds and stems of three cereal crops. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187383>
- Lucy, M., Reed, E., & Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. In *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*. <https://doi.org/10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e>

- Mantilla-Paredes, A. J., Cardona, G. I., Peña-Venegas, C. P., Murcia, U., Rodríguez, M., & Zambrano, M. M. (2009). Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonia colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 57(4), 915–927. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i4.5436>
- Mayz-Figueroa, J. (2004). Fijación biológica de nitrógeno. In *Revista Científica UDO Agrícola*.
- Munoz-Aguilar, J. M., Ashby, A. M., Richards, A. J. M., Loake, G. J., Watson, M. D., & Shaw, C. H. (1988). Chemotaxis of *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli towards Flavonoid Inducers of the Symbiotic Nodulation Genes. *Microbiology*, 134(10), 2741–2746. <https://doi.org/10.1099/00221287-134-10-2741>
- NOM-010-SSA1-1994. (1994). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-110-SSA1-1994, Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. *Diario Oficial de La Federación*. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>
- Parsons, R., & Sunley, R. J. (2001). Nitrogen nutrition and the role of root–shoot nitrogen signalling particularly in symbiotic systems. *Journal of Experimental Botany*, 52(suppl_1), 435–443. https://doi.org/10.1093/jxb/52.suppl_1.435
- Raymond, J., Siefert, J. L., Staples, C. R., & Blankenship, R. E. (2004). The Natural History of Nitrogen Fixation. *Molecular Biology and Evolution*, 21(3), 541–554. <https://doi.org/10.1093/molbev/msh047>
- Rubio, L. M., & Ludden, P. W. (2002). The Gene Products of the nif Regulon. In *Nitrogen Fixation at the Millennium* (pp. 101–136). <https://doi.org/10.1016/b978-044450965-9/50004-5>
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. In *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DEL SISTEMA CAÑERO DEL MUNICIPIO ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ.

LUIS ALBERTO MONTES GUTIÉRREZ,¹ SALVADOR PAREDES RINCÓN,² MIRIAM JIMÉNEZ CELIS³

RESUMEN

El cultivo caña de azúcar juega un papel muy importante en Veracruz desde el punto de vista social y económico, situación en la que intervienen muchos factores que a su vez inducen bajas o nulas ganancias al productor.

El objetivo de esta investigación fue identificar los factores del sistema cañero del municipio Úrsulo Galván, considerando los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico. Se realizó en el Instituto Tecnológico de Ursulo Galván, como área de estudio el municipio Úrsulo Galván. Se incluyeron las etapas: a) obtención de información sobre comunidades, ejidos, productores de caña, b) selección de ejidos, c) selección de muestra de productores, d) cuestionario, e) encuesta y f) análisis de información. Los datos se analizaron con cuadros de frecuencias y estadísticamente con ANOVA. El sistema cañero del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, se considera uniforme debido a que el 92% de las variables estudiadas mostraron tendencias de 50 a 100% y falta de significancia estadística.

La antigüedad del cultivo, cuotas de agua de riego, porcentaje de la liquidación reservado para labores de cultivo, oportunidad de fertilización, longitud del surco, número de fertilizaciones y número de aplicaciones de herbicidas fueron las variables que resultaron estadísticamente significativas, correspondiendo al 8% del total estudiadas.

Palabras clave: Caña de azúcar, Factores, Encuesta

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ursulo Galván. montesgutierrez55@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ursulo Galván. paredesrincon@yahoo.com.mx

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ursulo Galván.

ABSTRACT

The cultivation of sugar cane plays a very important role in Veracruz from the social and economic point of view, a situation in which many factors intervene that in turn induce little or no profit to the producer. The objective of this research was to identify the factors of the sugarcane system of the Úrsulo Galván municipality, considering the ecological, technological and socioeconomic components. It was carried out at the Ursulo Galván Technological Institute, as a study area in the Úrsulo Galván municipality. The stages were included: a) obtaining information on communities, ejidos, sugarcane producers, b) selection of ejidos, c) selection of sample of producers, d) questionnaire, e) survey and f) analysis of information. The data were analyzed with frequency tables and statistically with ANOVA. The sugarcane system of the Úrsulo Galván municipality, Veracruz, is considered uniform because 92% of the variables studied showed trends of 50 to 100% and lack of statistical significance. The age of the crop, irrigation water quotas, percentage of the settlement reserved for cultivation work, fertilization opportunity, furrow length, number of fertilizations and number of herbicide applications were the variables that were statistically significant, corresponding to 8% of the total studied.

Keywords: Sugarcane, Factors, Survey

INTRODUCCIÓN

La agroindustria de la caña de azúcar desde la conquista hace cinco siglos ha sido una importante fuente de ingresos para el país y una relevante fuente de empleos, constituyendo un detonante económico nacional y ocupando el séptimo lugar a nivel mundial (Flores, 2017).

Veracruz es el estado que más caña de azúcar produce a nivel nacional, en el 2016 representó el 19.6% y constituyó el 30.8% del valor de la producción en el estado. Cuenta con la mayor cantidad de superficie cultivada, representando del 37 a más de 40% del total nacional, seguido por Jalisco (11.4%) y San Luis Potosí (10.3%). Cuenta actualmente con 18 de 51 ingenios azucareros en el país (35%) y con el 60% de las zonas de abasto de temporal (CONADESUCA, 2015).

En la costa central de Veracruz se ubican los ingenios La Gloria y El Modelo (Grupo Porres S.A. de C.V.) con un área aproximada de 25,000 hectáreas cultivadas con caña de azúcar y que en el 82% se cuenta con agua de riego con producciones arriba de la media nacional (75 t ha^{-1}) de alrededor de 104 t ha^{-1} , de ahí la importancia económica y social del cultivo en la economía de la región (CNA, 2009; Leano, 2013). Úrsulo Galván es uno de los municipios veracruzanos más cercanos a estos ingenios con la mayor superficie cubierta con caña de azúcar.

El rendimiento de la caña de azúcar en los últimos diez años ha disminuido hasta un 12% (Aguilar, 2014) sin tener la certeza de qué factores estén incidiendo en ello, ya que aparentemente se debe a diferentes componentes del agrosistema como el ecológico (bajas precipitaciones y azarosa distribución, muchos ciclos de cultivo o pérdida de cepas), el tecnológico (no fertilización por los altos costos del fertilizante) o el socioeconómico (falta de mantenimiento del cultivo por bajas ganancias).

Para la sociedad veracruzana la agroindustria de la caña de azúcar es muy importante económica y socialmente, pues de ella dependen directa e indirectamente miles de familias, por lo cual deben encontrarse los factores que disminuyen el rendimiento de la caña de azúcar y que afectan los ingresos del productor. De ahí que el objetivo de esta investigación fue identificar el sistema cañero del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, con el fin de encontrar los factores que marcan las diferencias entre los productores de caña de azúcar que sirvan de referencia para generar proyectos de investigación o estrategias de manejo que mejoren la productividad del cultivo (Aguilar, 2014).

METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván que se ubica en el municipio Úrsulo Galván, Veracruz, del 17 agosto 2017 al 18 de agosto de 2018.

Se desarrollaron las etapas a) Obtención de información sobre los ejidos, comunidades y productores de caña de azúcar que conforman el municipio Úrsulo Galván, Veracruz, b) Selección de los ejidos representativos del municipio, c) Selección de los productores de caña de azúcar por módulo o unidad de usuarios

de agua de riego, d) Realización de la prueba piloto del cuestionario elaborado, e) Realización de la encuesta a productores de caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, Veracruz y f) Análisis de la información.

Obtención de información sobre los ejidos, comunidades y productores de caña de azúcar

Para la obtención de información del municipio relacionada con la investigación se hicieron visitas a diferentes direcciones de internet, así como la consulta a la CONAGUA ubicada en Cardel, municipio La Antigua, Veracruz, a través de las unidades de usuarios del agua de riego.

Selección de los ejidos representativos del municipio

Se consideraron 18 de los 21 Ejidos que conforman el municipio Úrsulo Galván, Veracruz, pues las comunidades representativas de cada ejido presentan vías de comunicación de fácil acceso.

Selección de productores de caña de azúcar por ejido

Se seleccionó una muestra representativa de la población objetivo 10:1 (Frías-Navarro y Soler, 2012). Se consideraron cinco productores por ejido por lo que la muestra fue de 90 productores de caña de azúcar.

Realización de la prueba piloto del cuestionario elaborado

Se elaboró un cuestionario que contempló las prácticas culturales, los materiales, jornales, costos y beneficios que se tienen para la producción de caña de azúcar en el municipio Úrsulo Galván, Veracruz, considerando los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico del sistema. Este cuestionario se aplicó como prueba piloto (Arribas, 2004) a tres productores de caña de azúcar de la zona en estudio, lo que permitió corregir los errores encontrados. En total se incluyeron en el cuestionario 84 preguntas.

Realización de la encuesta a productores de caña de azúcar

Los cinco productores de caña de azúcar que se entrevistaron por comunidad representantes del Ejido fueron seleccionados al azar, considerando la técnica del cinco de oros; es decir, dos al extremo norte, uno al centro y dos al extremo sur, de la comunidad. Las entrevistas fueron personalizadas a domicilio y con el uso del

cuestionario como instrumento de investigación. La encuesta se realizó durante tres meses y participaron docentes y estudiantes del campus Úrsulo Galván.

Análisis de la información

La información obtenida se capturó en Excel y posteriormente se analizó a través de cuadros de frecuencias y porcentajes. Además, para determinar qué tan diferentes o parecidos eran los productores del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, en cuanto al desarrollo del proceso productivo de la caña de azúcar, se realizó la prueba estadística de análisis de varianza.

RESULTADOS

Comunidades, Ejidos y productores de caña de azúcar

Las comunidades que conforman al municipio Úrsulo Galván, Veracruz, fueron en total 21 que son: Barra de Chachalacas, Colonia Francisco I. Madero, Chalahuite, El Arenal, El Ciruelo, El Limoncito, El Paraíso, El Porvenir, El Zapotito, Jareros, J. Guadalupe Rodríguez, La Gloria, Loma de San Rafael, Mata Verde, Monte de Oro, Paso de Doña Juana, Paso del Bobo, Playa de Chachalacas, Real del Oro, Úrsulo Galván y Zempoala.

Los ejidos que existen en el municipio Úrsulo Galván, Veracruz fueron 21 con el mismo nombre de la comunidad, con respecto a los productores de caña de azúcar del municipio de Úrsulo Galván, fueron ubicados alrededor de 900 productores (información proporcionada por CONAGUA de José Cardel, municipio La Antigua, Veracruz, a través de los 3 módulos de usuarios del agua de riego).

Los ejidos representativos para la encuesta fueron 18 de los 21 ejidos pertenecientes al municipio Úrsulo Galván, Veracruz. De acuerdo con la información proporcionada por la CONAGUA de los módulos de usuarios de agua de riego, en el municipio existen alrededor de 400 productores de caña de azúcar del módulo COANALAG, 200 productores del módulo Puente Nacional y 300 productores del módulo Zempoala.

Caracterización del productor de caña de azúcar

En el Cuadro 1 se enlistan las características de los productores de caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, y los porcentajes predominantes por característica. Se observan que, en la mayoría de los factores considerados en los diferentes componentes del sistema cañero, tienen tendencias o dominancias de 50 a 100%, a excepción de siete que mostraron gran variabilidad en las respuestas. Estos altos porcentajes indican que los productores de caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, son similares en muchas de sus características. Los bajos porcentajes de algunos de los factores generalmente se debieron a la alta variación de respuestas del productor (longitud del surco, rendimiento por comunidad, momento del control de químico y físico maleza), o bien, a un porcentaje considerable de productores que no respondieron las preguntas, como es el caso de los costos de las labores o prácticas de cultivo, las cuotas pagadas por diversos conceptos o causas de la conformidad del pago recibido.

Cuadro 1. Característica y porcentaje predominante de productores de caña de azúcar en Úrsulo Galván, Veracruz.

Característica del productor	Predominancia	%
*Rendimiento general	102.8 (t ha ⁻¹)	64.4
*Mejor rendimiento por comunidad (El Arenal, Barra de chachalacas, Paso del Bobo y Úrsulo Galván)	129.5 (t ha ⁻¹)	22.4
*Tenencia de la tierra		
*Tamaño de parcela	Tenencia Ejidal	91.0
*Cultivos establecidos en su terreno	0.5 a 2 ha	82.2
*Distancia parcela-ingenio	Caña de azúcar	100.0
*Mano de obra utilizada	1 a 10 km	92.2
*Dificultad para encontrar mano de obra	1 a 6	77.7
*Tipo de mano de obra	Ninguna	92.2
*Actividad principal del productor	Familiar	67.8
*Fuente de ingresos	Cañero	88.9
*Apoyo financiero de los hijos	Caña de azúcar	96.7
*Organización de productores	Ninguno	57.8
*Conocen los objetivos de la organización	CNC	92.2
*Beneficios por parte de la organización	Sí	74.4
*Pago justo por su caña	IMSS-préstamos	72.2
*Ganancias constantes por zafra	Sí	80.0
*Ingenio al que pertenece	Sí	83.3
*Costos por labor de cultivo	La Gloria	67.8
*Cuotas por seguro médico	No contestó	54.4
*Cuotas a la organización	1500 a 3000 (\$)	64.4
*Cuotas por agua de riego	1000 a 3000 (\$)	34.5
*Cuotas por descuentos de cosecha	300 a 1000 (\$)	53.3
*Total de cuotas pagadas	400 a 5000 (\$)	45.6
*Tipo de terreno	5000 a 20000 (\$)	82.3
*Técnica de preparación del terreno	Plano	91.1
	Maquinaria y tracción animal	
*Condición del equipo para la preparación del terreno		56.7
*Variedad	Rentada	
	MEX69290, CP722086,	96.7
	RD7511	80.0
*Fecha de siembra, edad y cantidad de semilla y método de siembra.		
*Antigüedad del cultivo	No contestó	
*Anchura de surco	1 a 3 años	53.3

*Resiembra	No contestó	75.6
*Fuente de agua para riego	No resiembra	65.6
*Número de riegos	Pozo	62.2
*Cantidad de agua aplicada	2 a 3	68.9
*Método de riego	No contestó	84.5
*Longitud del surco	Gravedad	91.1
*Cobertura de las necesidades de agua	15 a 60 cm	94.4
*Escasez de agua de riego	Sí	48.9
*Problemas para regar	Ninguna	97.8
*Momento de la fertilización	Ninguno	96.7
*Tipo de fertilizante aplicado	1 a 2 meses	77.8
*Número de fertilizaciones	Urea	94.5
*Cantidad de fertilizante	1 a 2	68.9
*Método de aplicación del fertilizante	5 a 20 bultos	80.0
*Dosis de fertilización	Manual	76.7
*Procedencia del fertilizante	Indica el ingenio	70.0
*Momento del control químico de maleza	Del ingenio	62.2
*Número de aplicaciones de herbicidas	3 meses	61.1
*Momento del control físico de malezas	1 a 2	34.4
*Número de aplicaciones de deshierbes físicos	6 a 9 meses	90.0
*Realización de escardas	1 a 2	21.1
*Producto químico para control de maleza	Ninguna	60.0
*Cantidad de producto químico para maleza	No contestó	84.4
*Métodos y productos para control de plagas y enfermedades	No contestó	67.8
*Meses para el corte		67.8
*Programación del corte	Indica el ingenio	
*Frente de corte	10 a 12	100.0
*Conformidad con su frente de corte	Indica el ingenio	81.1
*Daños al terreno por maquinaria y transporte	El del ejido	100.0
*Noción del número de camiones que se cargan	Sí	100.0
*Función del productor durante la cosecha	Regular	72.2
*Frente de cosecha oportuno y eficiente	Sí	75.6
*Causas de una cosecha ineficiente	Supervisa	76.7
*Distribución de la lluvia	Sí	98.9
*Otros factores que bajen el rendimiento	No contestó	93.3
*Asistencia técnica	Buena	73.3
*Opinión de la asistencia técnica	Ninguno	55.6
*Rendimientos constantes por zafra	Del ingenio	61.1
*Diferencia de rendimientos por zafra	Buena	67.8
*Precio por tonelada de caña cosechada	Sí	70.0
*Costos de producción e ingreso total	No contestó	65.6
*Tiempo de pre-liquidación	No contestó	80.0
*Tiempo de liquidación	No contestó	65.6
*Conformidad con la cantidad económica recibida	Primer mes	100.0
*Causas de la conformidad del pago recibido	3 a 4 meses	70.0
*Conoce las razones por las que recibe su pago		53.3
*Porcentaje de la liquidación reservado para el cultivo	Sí	
*Momento oportuno de la liquidación	Buen precio	81.1
*Es redituable el cultivo de caña de azúcar	No	23.3
*Porqué cultiva la caña de azúcar		72.2
*Cultivo más redituable que la caña de azúcar	21 a 30	
*Razón para no establecer los cultivos más redituables.	Sí	60.0
	Sí	93.3
	No contestó	88.9
	Maíz y malanga	96.7
		74.5
	Falta de capital	
		58.9

DISCUSIÓN

Del total de variables consideradas en esta investigación solo siete resultaron significativas en el ANOVA con base en el rendimiento de caña de azúcar ($t\ ha^{-1}$) obtenidos por el productor: 1) oportunidad de fertilización, 2) cuotas de agua de riego, 3) antigüedad del cultivo, 4) longitud del surco, 5) número de fertilizaciones, 6) número de aplicaciones de herbicidas y 7) porcentaje de la liquidación reservado para las labores de cultivo, con valores de R^2 de 0.61 a 0.75. De estas variables unas pertenecen al componente ecológico del sistema (antigüedad del cultivo), al componente socioeconómico (cuotas de agua de riego y porcentaje de la liquidación reservado para las labores de cultivo) y la mayoría al componente tecnológico (oportunidad de fertilización, longitud del surco, número de fertilizaciones y número de aplicaciones de herbicidas); sin embargo, el 92% de las variables consideradas no mostraron significancia estadística, por lo que el sistema cañero del municipio Úrsulo Galván se puede considerar como uniforme.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Figueroa *et al.* (2015) al indicar que los rendimientos de caña de azúcar a nivel municipal son influencia de factores de manejo del cultivo, ambientales, de los servicios disponibles y aspectos sociales.

Pérez (2017) Menciona que existen otros factores que coadyuvan en el deterioro productivo de la caña de azúcar en Veracruz, uno de los más importantes se refiere al tamaño de los predios, con productores que no tienen los recursos necesarios para convertir su predio en una producción rentable, da como resultado una disminución del rendimiento en campo y de obtención de azúcar por hectárea cosechada.

Es por ello que debe recalcar la importancia que implica el componente socioeconómico con respecto al capital reservado para darle frente a los gastos de mantenimiento del cultivo, pues de ello dependen los demás factores que resultaron significativos.

CONCLUSIONES

En el Municipio Úrsulo Galván, Veracruz existen 21 comunidades, 21 ejidos y alrededor de 900 productores de caña de azúcar.

El sistema cañero del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, se considera uniforme debido a que el 92% de las variables estudiadas mostraron tendencias de 50 a 100% y falta de significancia estadística.

La antigüedad del cultivo (componentes ecológicas), cuotas de agua de riego y porcentaje de la liquidación reservado para las labores de cultivo (componente socioeconómico) y oportunidad de fertilización 1, longitud del surco, número de fertilizaciones y número de aplicaciones de herbicidas (componente tecnológico) fueron las variables que resultaron estadísticamente significativas.

El factor porcentaje de la liquidación reservado por los productores es determinante para la realización de los demás factores significativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Rivera, Noé. (2014). Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova scientia*, 6(12), 125-161. Recuperado en 01 de julio de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052014000200007&lng=es&tlng=.
- Arribas, Maria. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas profesión*. 5(17): 23-29.
- Comisión Nacional de Agua (CNA). 2009. Plan Director para la modernización Integral del riego del Distrito de Riego 035, La Antigua, Veracruz. 142 p.
- CONADESUCA. (2015). Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Recuperado en 30 de junio de 2020, de <http://conadesuca.gob.mx/DocumentosEficProductiva/1.%20Campo/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Ca%C3%B1a%20de%20Az%C3%BAcar.pdf>.
- Figueroa Rodríguez, Katia Angélica, García García, Ana María Teresa, Mayett Moreno, Yesica, Hernández Rosas, Francisco, & Figueroa Sandoval, Benjamín. (2015). Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1345-1358. Recuperado en 30 de junio de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000600016&lng=es&tlng=es.
- Flores, G. J. (2017). Productividad y rentabilidad de la caña de azúcar en Veracruz. *El Economista*. Recuperado en 1 de julio de 2020, de <https://www.economista.com.mx/opinion/Productividad-y-rentabilidad-de-la-cana-de-azucar-en-Veracruz-I-20170322-0002.html>
- Frías Navarro, Dolores, Pascual Soler Marcos. (2012). Prácticas del análisis factorial exploratorio (AFE) en la investigación sobre conducta del consumidor y marketing. *Suma Psicológica*. Bogotá, Colombia. Volumen 19 Núm. 1: 45-58. Recuperado en 1 de julio de 2020, de <https://www.uv.es/~friasnav/FriasNavarroMarcopsSoler.pdf>
- Leano Baizabal, Miguel Ángel (2013). Cadena agroalimentaria de la caña de azúcar en el estado de Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Tesis de Licenciatura. Veracruz. 72 p. Recuperado en 1 de julio de 2020, de https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/AGROINDUSTRIA/55.pdf

Pérez Sánchez, Sandra (2017). Agroindustria de la caña de azúcar en Veracruz: Análisis del deterioro productivo. ECORFAN. 27-40. Recuperado en 27 de junio de 2020, de https://ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Economia%20y%20Agronomia%20T-I/HCEA_TI_3.pdf.

EVALUACIÓN DE PROCESOS EN LA SIEMBRA DE TRASPATIO DE HORTALIZAS

MIRNA DE JESÚS OJEDA ARANA¹

RESUMEN

El documento expone los resultados obtenidos en la "Evaluación de procesos en la siembra de hortalizas" desarrollado en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, en colaboración con el Sistema Producto Hortalizas de Quintana Roo A.C. con el propósito de conocer la (s) técnica (s) de siembra de hortaliza de traspatio que proporcionen mejores prácticas para optimizar la producción; se aplicó la prueba de análisis de varianza para poder determinar el impacto que cada método tiene en las diferentes plantaciones, esto con la finalidad de comparar el desarrollo de una planta y determinar si se ve afectada por la manera en la que es sembrada; el análisis se realizó con el software estadístico IBM SPSS, se hizo el levantamiento de datos en campo por medio de una bitácora y diario de campo. El fin de esta investigación es determinar cuál es la mejor técnica de siembra directa en las hortalizas; concluye que todas las muestras obtenidas en el análisis realizado son relativamente similares, se nota un desarrollo superior por parte de los cultivos sembrados de forma directa y en línea ya que estos alcanzaron una altura promedio mayor al cultivo en forma directa a voleo y hoyos.

Palabras clave: Técnica de siembra, hortaliza, eficiencia

ABSTRACT

The document presents the results obtained in the "Evaluation of processes in the planting of vegetables" developed in the city of Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, in collaboration with the Product System of Vegetables of Quintana Roo A.C. with the purpose of knowing the technique (s) for planting backyard vegetables that provide best practices to optimize production; the variance analysis test was applied

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto. m.ojeda@itscarrillopuerto.edu.mx ¹Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. adalidgraciano@hotmail.com

to determine the impact that each method has on the different plantations, this in order to compare the development of a plant and determine if it is affected by the way in which it is planted; The analysis was carried out with the statistical software IBM SPSS, the data was collected in the field by means of a blog and a field diary. The purpose of this investigation is to determine which is the best technique of direct sowing in vegetables; It concludes that all the samples obtained in the analysis carried out are relatively similar, a higher development is noted by the crops planted directly and online, since they reached a higher average height than the crop directly from the volley and holes.

Key words: Planting technique, vegetable, efficiency

INTRODUCCIÓN

En Quintana Roo los huertos familiares han sido parte de la esencia de las familias originarias de la zona maya, así como las diferentes técnicas de siembra de los mismos, puesto que son una garantía en la alimentación diaria de sus grupos; dicha diversidad de técnicas de siembra ha permitido tener diferente calidad de producción, así, como su eficiencia en la tierra.

En esta investigación se describirán las actividades y resultados obtenidos en la “Evaluación de procesos en la siembra de hortalizas” desarrollado en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto llevado a cabo en colaboración con el sistema producto hortalizas de Quintana Roo A.C. con el propósito de desplegar técnicas de siembra de hortaliza de traspatio y comparar sus resultados entre ellas, esto con el fin de cuestionar los métodos y el desarrollo que van teniendo las hortalizas a lo largo de su crecimiento, por lo que se detallaran actividades de plantación, corte de tierra, el riego y procesos siguientes que deben tenerse en cuenta al llevar a cabo un cultivo de hortalizas. En la elaboración del modelo estadístico, se aplicó la prueba de análisis de varianza para poder determinar el impacto que cada método tiene en las diferentes plantaciones. La prueba de análisis de varianza tiene como finalidad verificar que el desarrollo de una planta y determinar si se ve afectada por la manera en la que es sembrada ya que provocan impactos de crecimiento en los frutos que se desarrollan en ellos, para tal prueba se usó el software IBM SPSS.

Por tanto, esta investigación permitirá identificar la técnica más eficiente para la siembra de traspatio en la zona maya.

DESARROLLO

Para la elaboración de la investigación se eligió como hortaliza de prueba el rábano por cuestiones de tiempo de la investigación, no se hizo uso de fertilizantes con compuestos artificiales (químicos). Las técnicas de siembra que se usaran para la investigación son: Siembra en líneas, siembra en hoyos y siembra a voleo, se eligieron dichas técnicas por el tipo de hortaliza que usaremos para las pruebas; el enfoque de investigación es cuantitativo, tipo experimental, los datos se recogieron por medio de un diario de campo.

La técnica de siembra que se aplicaron fueron las siguiente:

1.- Siembra en líneas: Es una técnica de siembra que consiste en realizar un surco en línea en profundidad variable según el tamaño de la semilla que estemos usando y después se van colocando las semillas. Las colocaremos más o menos juntas según las dimensiones que adquirirá la planta cuando llega a adulta para poder dejar espacio suficiente. Después cubrimos las semillas sin prensar excesivamente la tierra. (Pérez Gorostieta, 2014)

2.- Siembra en hoyos: Es una técnica que se suele utilizar con semillas grandes. Podemos poner una semilla por cada agujero o bien poner varias semillas por cada hoyo. Para llevar a cabo esta técnica de siembra señala debemos realizar agujeros en línea y en la línea siguiente la semilla quedara exactamente a mitad de distancia entre los hoyos anteriores, imitando un estilo zigzag así las plantas tendrán espacio para su desarrollo, es necesario saber qué tamaño alcanzan los tallos o bulbos sembrados ya que si están muy pegados su desarrollo disminuirá drásticamente por la falta de espacio. Dejar 2 o 3 cm más de margen en el perímetro de cada hoyo. Una vez realizados los hoyos colocamos las semillas y las cubrimos con cuidado.

3.- Siembra a voleo: Esta forma de sembrar consiste en tomar un puñado de semillas que previamente habremos mezclado con un poco de arena eso es para poder ver mejor el área de las semillas sembradas luego con la ayuda de un plantador en el área en el que vamos a sembrar dispersarlas por todo el terreno.

Después se cubren las semillas con una fina capa de arena para evitar que se muevan. Posteriormente se irán arrancando los tallos más pequeños y delgados para dar espacio a plántulas más gruesas con mejor desarrollo. (Vilamalla, 2018)

Se ubicó el área destinada a la investigación en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, inicialmente, se preparó composta orgánica casera (desechos animales de algunas aves, hojas, ramas, pasto, cascara de huevo, cascara de frutas, se mezcló, agrego un poco de agua y se dejó reposar un mes de anticipación a la aplicación) para poder compensar los nutrientes requeridos en la tierra, se llevó a cabo un proceso preliminar para que la descomposición orgánica de los elementos fuera correcta; luego se construyó un bancal (Faja de terreno llano en una pendiente que se aprovecha o se dispone de este modo para el cultivo); Consecutivamente con un rastrillo se labro la tierra para que este menos compacta y tenga un nivel adecuado. Para llevar a cabo la siembra se elaboró un bancal de 400cm de largo y 80 cm de ancho, se seccionó el largo en seis partes iguales para cada método con sus respectivas hortalizas, obteniendo una distancia de 66.66 cm de largo y un ancho de 80 cm en cada sección. El proceso de siembra se describe en la Tabla 1:

Tabla 1.- procedimiento de siembra

HORTALIZA	SIEMBRA EN HOYO	SIEMBRA EN A VOLEO	SIEMBRA EN LINEA
Rábano	<ul style="list-style-type: none"> • Para la siembra a hoyos de los rábanos se realizan unos hoyos en zig zag con una profundidad de 1.5 cm. • Con el plantador se marca el terreno manejando una distancia de 15 cm entre cada hoyo y se le depositan en ellos de dos a una semilla por cada excavación, esto dado el caso de que no germine alguna. • Posterior a eso con una palita de jardín se fue depositando en los agujeros tierra rica en composta para cubrir las excavaciones. • Se compacta la tierra ligeramente con las manos con una mezcla de tierra y composta. • Como último paso agrega agua limpia por toda el área asegurándose que el agua penetre bien en la tierra. (Delvaux, 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Para la siembra de rábano a voleo con una pala de jardín se des compacta todo el terreno destinado dejando una profundidad de 1.3 cm. • Se reparten las semillas si se prefiere mezclada con arena para visualizar mejor las semillas, de manera pareja se depositan por todo el espacio para aumentar las posibilidades de una buena cosecha. • Seguidamente se cubre bien todo el espacio con tierra preparada son composta y se compacta la tierra, ya que agricultores aseguran que es beneficioso compactar la tierra ligeramente antes de sembrar. • Para finalizar agrega agua limpia. (Cañizares, 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Para la siembra a línea se van haciendo surcos por toda la longitud en este caso es de 50 cm. • Se insertan las semillas a 1.5 cm de profundidad y separadas a unos 8 cm así habrá más espacio para variedades más grandes, si se prefiere se puede dejar remojando la semilla con un día de anticipación, aunque no asegura por completo la germinación. • Se plantan las filas con una separación de 15 cm para darle espacio a las plántulas de engrosar su raíz en cualquier posición. • Se compacta la tierra con las manos y se cubre con una mezcla de tierra y composta previamente preparada y se le agrega abundante agua. (Laurose, 2003)

Fuentes: Delvaux, 2004; Cañizares,2004; Laurose, 2003.

Se le aplicaba una porción de 3 litros de agua a cada plantación diariamente ya que la tierra requiere la humedad adecuada para el desarrollo positivo de los cultivos. Además se le agrega humus de lombriz cada semana en una porción de 10ml por cada litro de agua.

Se realizaban deshierbes semanales para que los cultivos no compitan con las malas hierbas al crecer.

Se tomaron los datos en la bitácora de las mediciones que se van obteniendo semana a semana de las plantas tomando como medición inicial la base de la planta hasta la punta del ariete para poder comparar el impacto que existe entre los procesos de siembra.

El análisis de varianza, o ANOVA, es un método de modelado lineal para evaluar la relación entre campos; para los controladores clave, ANOVA prueba si el valor objetivo de media varía entre combinaciones de categorías de dos entradas. Si la variación es significativa, existe un efecto de interacción, para el análisis ANOVA se usó el software estadístico IBM SPSS (ver tabla 2,3,4 y 5).

Tabla 2.- ANOVA del crecimiento del rábano de la semana 1 a la 6.

Semana 1	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática	Valor F	Significancia.
Entre grupos	.012		2		.006	.677	.532
Dentro de grupos	.078		9		.009	Resultado: mismo crecimiento para las tres técnicas	
Total	.089		11		0		
Semana 2	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática		
Entre grupos	.032		2		.016	2.192	.168
Dentro de grupos	.065		9		.007	Resultado: mismo crecimiento para las tres técnicas	
Total	.097		11				
Semana 3	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática		
Entre grupos	.082		2		.041	.724	.511
Dentro de grupos	.508		9		.056	Resultado: mismo crecimiento para las tres técnicas	
Total	.589		11				
Semana 4	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática		
Entre grupos	3.500		2		1.750	1.167	.354
Dentro de grupos	13.500		9		1.500	Resultado: mismo crecimiento para las tres técnicas	
Total	17.000		11				
Semana 5	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática		
Entre grupos	18.500		2		9.250	10.742	.004
Dentro de grupos	7.750		9		.861	Resultado: mismo crecimiento para las tres técnicas	
Total	26.250		11				
Semana 6	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática		
Entre grupos	41.167		2		20.583	17.643	.001
Dentro de grupos	10.500		9		1.167	Resultado: mismo crecimiento para las tres técnicas	
Total	51.667		11				

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 3.- ANOVA del diámetro de los bulbos del rábano.

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Valor F	Significancia
Entre grupos	2.792	2	1.396	5.154	.032
Dentro de grupos	2.438	9	.271	Resultado: los diámetros de los bulbos son relativamente iguales, considerando que una media es diferente.	
Total	5.229	11			

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 4.- ANOVA del largo de los bulbos del rábano.

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Valor F	Significancia
Entre grupos	5.375	2	2.688	11.382	.003
Dentro de grupos	2.125	9	.236	Resultado: al menos una de las medias del largo de los bulbos es considerablemente diferente.	
Total	7.500	11			

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 5.- ANOVA peso del rábano.

	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	Valor F	Significancia
Entre grupos	.167	2	.083	.500	.622
Dentro de grupos	1.500	9	.167	Resultado: los rábanos tras la cosecha es igual en la cosecha de hoyos y de línea mientras que en el sembrado a voleo alcanzo un peso menor	
Total	1.667	11			

Fuente: Elaboración propia, 2020

CONCLUSIONES

Se concluye que todas las muestras obtenidas en el análisis realizado son relativamente similares, pero se nota un desarrollo superior por parte de los cultivos sembrados de forma directa y en línea ya que estos alcanzaron una altura y un peso promedio mayor al cultivo en forma directa del voleo y hoyos. Sin embargo, el sembrado del cultivo a hoyos de igual manera fue prospera, pero se llevó un mayor trabajo en la dispersión de los hoyos, pero si se planea trasplantar el cultivo puede ser conveniente o si se planea sembrar hortalizas como el rábano, la zanahoria,

chile, entre otros. Por parte de la siembra a voleo primero se tiene que dejar espacio a las plántulas más gruesas por lo que se tiene que hacer un deshierbe de los tallos más finos y detectar cuales son las plántulas esperadas y cuales son hierbas silvestres, se recomienda hacer esta siembra cuando se requiera producir hortaliza de crecimiento rápido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pérez Gorostieta, F. (2014). *permacultura.org.mx*. Obtenido de *permacultura.org.mx*: <http://www.permacultura.org.mx>
- Alvares, A. M. (1997). *Cultivo en casa*. Ciudad de México: Plantaciones Modernas.
- Antonio, F. (2013). *Horticultura práctica*. México, D.F.: Patria.
- Baier, A. (2002). *Abonos verdes en fertilización orgánica*. Guatemala: Facsimil.
- Briones Sanchez, G., & García Castilla, I. (2008). *Sistema de riego por aspersión y goteo*. México, D.F.: Teide.
- Bueno, M. (2002). *Tu huerto ecológico en casa*. México, D.F.: Copula.
- Cañizares, Z. (2004). *Jardín ecológico fácil*. EDITORIAL LIMOSA.
- Delgado, M. (2003). *Produccion de hortalizas de traspatio*. DAUERN .
- Delvaux, C. (2004). *Jardín ecológico fácil*. EDITORIAL LIMUSA S.A.
- Dieusaert, R. (2003). *labioguia.com*. Obtenido de *labioguia.com*: <http://www.labioguia.com/>
- FAXSA MEXICO, S.A. de C.V. (2014). *faxsa.com.mx*. Obtenido de *faxsa.com.mx*: <http://www.faxsa.com.mx>
- Gonzáles Corona, V. (2011). *El riego*. GRUPO AGRICULTURA CULTURAL.
- González Garibay, G. (2014). *permacultura.org.mx*. Obtenido de *permacultura.org.mx*: <http://www.permacultura.org.mx>
- IBM. (2017). *ibm.com*. Obtenido de *ibm.com*: www.ibm.com
- Infojardin. (14 de Mayo de 2020). *Infojardin*. Obtenido de <https://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/rabano-rabanos-rabanillo-rabanito-nabo-chino.htm>
- Jeavons, J., & Cox, C. (2007). *El huerto sustentable. Cómo obtener suelos saludables, productos sanos y abundantes*. México, D.F.: Trillas.
- Jiménez, S. (2009). *Dirección de Hortalizas y Frutales*. Editorial Trillas, S.A. de C.V.
- Laurose. (2003). *Cuaderno del huerto*. KAPELUSZ MEXICANA.
- LAUROSE. (2003). *Cuaderno del Huerto*. Educación Argentina.
- MONSANTO, .. (2008). *dekalb.es*. Obtenido de *dekalb.es*: <https://www.dekalb.es>

- Olvera Méndez, J., & Gutierrez Gamboa, M. (2008). *Huerto urbano*.
- Peña Turruebla, E. (2009). *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana*. México, D.F.: Trillas.
- Persuap. (2013). *Plan de manejo integrado de plagas para zanahoria*. Argentina: Dauern S.A. Quinonez Cruz, G. (2009). *ecoagricultor.com*. Obtenido de [ecoagricultor.com](https://www.ecoagricultor.com): <https://www.ecoagricultor.com>
- R., T. J. (2008). *Hortaliza terrestres*. México, D.F.: Puebla.
- Region de murcia digital. (2017). *egmurcia.com*. Obtenido de [egmurcia.com](http://www.egmurcia.com): <http://www.egmurcia.com>
- Rontomé, R. (2011). *Siembras y germinación de hortalizas*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/339tejidosdeproduccion/tipos-de-siembra>
- Secretaría de educación. (2011). *Programa de biología y medio ambiente biodegradable por una actitud de vida*. México, D.F.: Secretaría de educación cultural.
- Tecnico Agrícola. (2017). *tecnicoagricola.es*. Obtenido de [tecnicoagricola.es](http://www.tecnicoagricola.es): <http://www.tecnicoagricola.es>
- Valdivieso Suquilanda, B. M. (2007). *Producción orgánica de cultivos andinos*. Argentina: Fontalba. Vilamalla, G. (2018). *Horticultor.es*. Obtenido de [Horticultor.es](https://www.horticultor.es/): <https://www.horticultor.es/>

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y VARIABLES AGRONÓMICAS DE CUATRO HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ PARA GRANO EN EL ESTADO DE SINALOA

ADALID GRACIANO OBESO¹, AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ², GREGORIO POLLORENA LÓPEZ³

RESUMEN

El cultivo de maíz en Sinaloa, a partir de 1991 tuvo un crecimiento en superficie sembrada, producción y su valor, así como en rendimiento hasta de 10.5 toneladas en promedio estatal por hectárea de grano de alta calidad. El objetivo del presente proyecto fue evaluar el rendimiento y variables agronómicas de cuatro híbridos comerciales de maíz para grano en el estado de Sinaloa. Se establecieron cuatro tratamientos y se realizó un análisis de varianza de 1 vía para un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las variables que se evaluaron fueron; altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), peso de muestra (PM), peso de grano (PG), peso hectolítrico (PH), peso de 1000 semillas (PMS) y humedad (%). Los resultados muestran que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en AP, AM, PM, PG y PMS. El mejor peso de muestra y peso de grano se obtuvo en el tratamiento 2 que corresponde al híbrido DK4050, con PM = 10,378 gr y PG = 9,135 gr, mientras que para altura de planta y altura de mazorca se obtuvieron los valores más altos en el tratamiento 3 que corresponde al híbrido SYN921W, con AP = 303 cm y AM = 155 cm.

Palabras clave: grano, maíz, rendimiento, variables agronómicas.

ABSTRACT

The cultivation of corn in Sinaloa, from 1991 had a growth in planted area, production and its value, as well as in yield up to 10.5 tons in state average per hectare of high quality grain. The objective of this project was to evaluate the yield and agronomic variables of four commercial corn hybrids for grain in the state of Sinaloa. Four

¹Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. adalidgraciano@hotmail.com

²Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. hernadezaide25@hotmail.com

³Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. gregopollo@gmail.com

treatments were established and a 1-way analysis of variance was performed for a completely randomized design with three replications. The variables that were evaluated were; plant height (AP), ear height (AM), sample weight (PM), grain weight (PG), hectoliter weight (PH), weight of 1000 seeds (PMS) and humidity (%). The results show that there was a significant difference ($P \leq 0.05$) in AP, AM, PM, PG and PMS. The best sample weight and grain weight was obtained in treatment 2, which corresponds to hybrid DK4050, with PM = 10,378 gr and PG = 9,135 gr, while for plant height and ear height the highest values were obtained in the treatment 3 corresponding to the SYN921W hybrid, with AP = 303 cm and AM = 155 cm.

Keywords: grain, corn, yield, agronomic variables.

INTRODUCCIÓN

México es el 7° productor mundial de maíz para grano y aporta el 2.4% al volumen internacional con diversas variedades del grano, siendo el estado de Sinaloa el líder nacional en el cultivo, lo cual se sustenta en los niveles de productividad que tiene en la cosecha del maíz blanco (SIAP, 2019). En 2017, la producción de maíz grano, muestra una disminución de 1.7% con respecto a 2016, sin embargo, en el periodo 2012-2017 aumentó a una tasa promedio anual de 4.7%, derivado del incremento en los rendimientos de la cosecha (SIAP, 2018).

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante de México desde el punto de vista alimentario, económico y social, este grano se produce en dos ciclos agrícolas: primavera–verano y otoño–invierno, bajo distintas condiciones agroclimáticas de humedad: temporal, punta de riego y riego (Luna *et al.*, 2012). En México, el maíz se siembra en más de 7 millones de hectáreas, con una producción de 24.69 millones de toneladas. Aunque solamente el 20.9% de la superficie es bajo condiciones de riego, esta modalidad contribuye con casi el 50% de la producción nacional. El rendimiento promedio bajo riego es de alrededor de 8 t mientras que en temporal es de 2.3 t (Panorama Agroalimentario, 2016), este rendimiento en temporal se debe a las variaciones que experimenta en cantidad y distribución de la lluvia a lo largo del ciclo de cultivo (Villalobos-González *et al.*, 2016).

Por otro lado, México es considerado el centro de origen, domesticación y dispersión del maíz, con 59 razas potencialmente diferentes (Kato *et al.*, 2009). Estos tienen importancia social y económica, por lo que es necesario llevar a cabo trabajos y programas de investigación que permitan evaluar el rendimiento y productividad (Vitoria & Méndez, 2007). En base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el rendimiento y variables agronómicas de cuatro híbridos comerciales de maíz para grano en el estado de Sinaloa.

METODOLOGÍA

Ubicación del área de estudio.

La presente investigación se desarrolló en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N, y 108° a 109° O (Fig. 1) en el ciclo otoño-invierno 2019-2020. La parcela experimental se dividió en cuatro tratamientos, con tres repeticiones.

Figura 1. Ubicación del área de estudio, campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave



Características del suelo.

El campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG) presenta un suelo arcilloso. Para la toma y análisis de la muestra de suelo se tomó como referencia el manual de muestreo FERTILAB (2013) y la NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones para los estudios de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Características climáticas.

Las características climáticas durante el ensayo se muestran en la tabla 1, donde se puede apreciar que las condiciones climatológicas fueron atípicas específicamente en los meses de enero y febrero de 2020.

Tabla 1. Variables meteorológicas durante el periodo del ensayo de diciembre de 2019 a mayo de 2020.

Año	Mes	Temperatura			Precipitación (mm)
		Promedio (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	
2019	Diciembre	18.82*	27.97	9.68	5.3
	Enero	18.42	29.32	7.52	0
2020	Febrero	18.83	28.97	8.69	56.2
	Marzo	22.10	30.21	13.69	5.1
	Abril	23.32	32.12	19.11	2.3
	Mayo	26.12	34.43	22.36	0.8

Datos proporcionados por estación del Sistema Meteorológico Nacional, región Guasave (CONAGUA, 2020).

Estrategia de Siembra.

La preparación de la cama de siembra consistió en dos pasadas de rastra, para incorporar el rastrojo de sorgo y permitir una buena degradación del mismo, una pasada de rastra liviana, y por último una pasada de cincel, logrando una cama de siembra firme. La densidad objetivo fue de 8 plantas/m, dividiendo el terreno en cuatro tratamientos; cada tratamiento tiene una superficie de 200 m², donde se distribuyen tres repeticiones.

Durante todo el ciclo del cultivo se realizaron 3 riegos por gravedad o convencionales, con altos caudales, logrando láminas de riego uniformes en cuanto a su frente de avance y distribución en la profundidad del perfil.

Variables agronómicas a evaluar.

Las variables agronómicas a evaluar fueron; altura de planta (cm), altura de mazorca (cm), peso de grano (gr), peso 1000 semillas (gr) y porcentaje de humedad en el grano (%), las variables analizaron de acuerdo a la metodología descrita en la Guía técnica para la descripción varietal del maíz, (2014).

Diseño experimental.

Para el desarrollo de la investigación, se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variables de respuesta fueron el peso de grano y el peso de 1000 semillas de cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron en base al híbrido de maíz para grano (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Híbrido de maíz
T1	CORONEL
T2	DK4050
T3	SYN921W
T4	TITAN

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Al tener los resultados de las variables evaluadas en los 4 tratamientos, para conocer si existe diferencia significativa en los tratamientos, se aplicó un ANOVA con un 95% de confianza y la diferencia entre medias se evaluó mediante la prueba de Tukey, esto utilizando el programa MINITAB 15, para las gráficas se utilizó el programa estadístico Sigma Plot versión 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (cm).

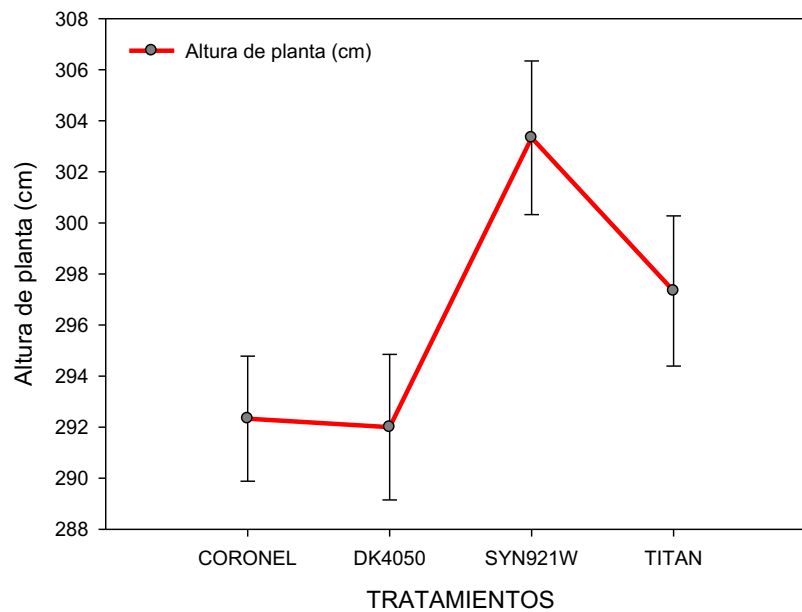
En la Tabla 3 y Fig. 2 se muestra que la mayor altura de planta de 303 cm se registró en el tratamiento 3 (SYN921W) y la menor altura de planta de 291 cm se observó en el tratamiento 2 (DK4050). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, la altura de planta obtenido en el tratamiento 3 es estadísticamente diferente a los tratamientos 1 y 2, entre los tratamientos 1, 2 y 4 los valores de altura de planta obtenidos fueron estadísticamente similares.

Tabla 3. Promedios de resultados de variables evaluadas en maíz.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Peso de grano (gr)	Peso 1000 semillas (gr)	Humedad (%)
CORONEL	292 ± 2.45b*	150 ± 1.22b	6213 ± 123.21c	323.62 ± 58.23a	13.27 ± 0.42ab
DK4050	291 ± 2.85b	148 ± 1.64bc	9135 ± 214.76a	343.75 ± 74.43a	13.67 ± 0.53b
SYN921W	303 ± 3.01a	155 ± 1.90a	8290 ± 265.23b	296.08 ± 68.21b	13.53 ± 0.31a
TITAN	297 ± 2.94ab	146 ± 2.01c	6570 ± 198.45c	296.67 ± 62.66b	13.63 ± 0.45a
Media	296	150	7552	315.03	13.28

Medias seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey al 95%.

Figura 2. Altura de planta evaluada en tratamientos de maíz

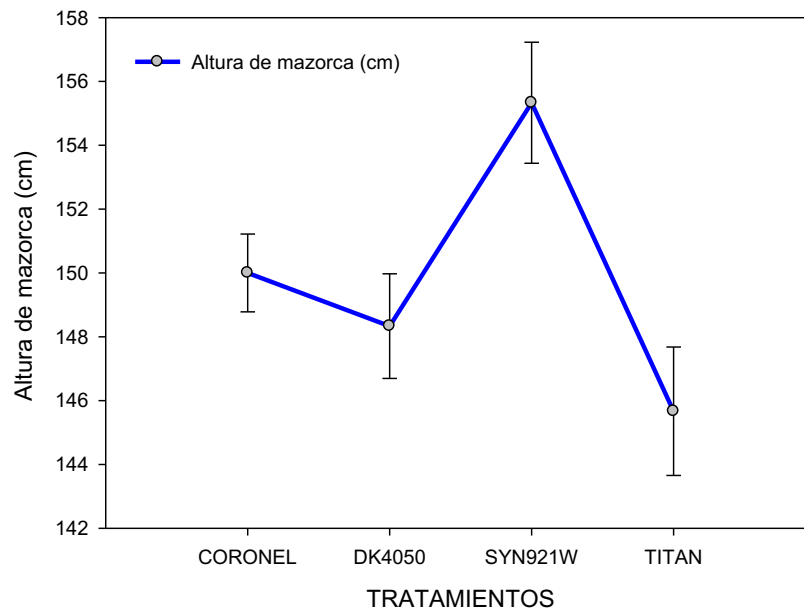


En base a los resultados obtenidos de altura de planta en los distintos tratamientos, se aprecia que tiene una relación inversa con las variables de peso de grano, esto difiere con lo reportado con Jugenheimer (1981), quien menciona que el rendimiento mostró correlación con la altura de planta, pero ésta fue baja.

Altura de mazorca (cm).

En la Tabla 3 y Fig. 3 se muestra que la mayor altura de mazorca de 155 cm se registró en el tratamiento 3 (SYN921W) y la menor altura de mazorca de 146 cm se observó en el tratamiento 4 (TITAN). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, la altura de mazorca obtenido en el tratamiento 3 es estadísticamente diferente a los tratamientos 1, 2 y 4, entre los tratamientos 1 y 2 los valores de altura de mazorca obtenidos fueron estadísticamente similares, lo mismo que entre los tratamientos 2 y 4.

Figura 3. Altura de mazorca evaluada en tratamientos de maíz.



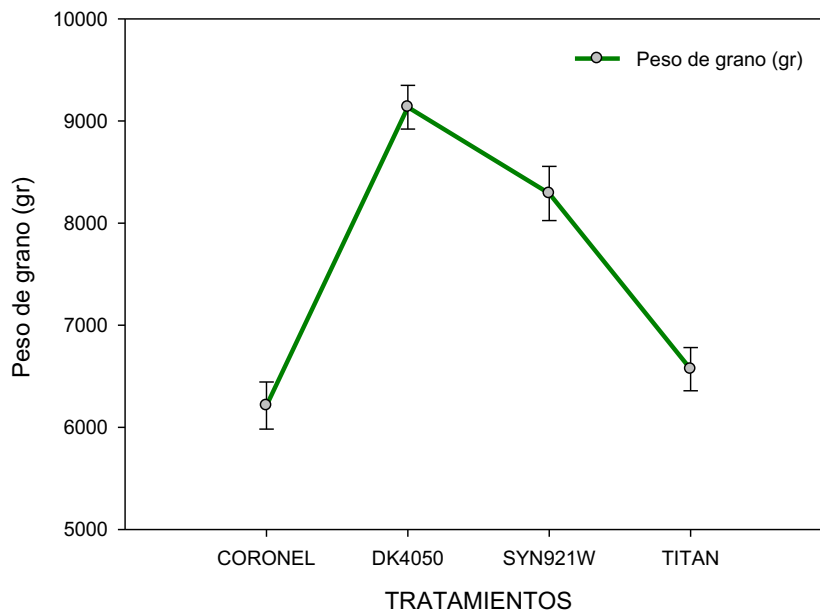
Cabe mencionar que la altura de mazorca promedio estuvo por arriba de 1.40 m, lo cual coincide con lo reportado por Espinosa *et al.*, (2003) en el híbrido H-50 con promedios de 1.42 metros en los híbridos evaluados.

Peso de grano (gr).

En la Tabla 3 y Fig. 4 se muestra que el mayor peso de grano de 9135 gr se registró en el tratamiento 2 (DK4050) y el menor peso de grano de 6213 gr se observó en el tratamiento 1 (CORONEL). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, además, el peso de grano obtenido entre los tratamientos 1 y 4 fueron estadísticamente similares. Por otro lado, los valores de peso de grano arrojaron una alta variabilidad en los

tratamientos evaluados y de acuerdo a Ordóñez, (2012) y Ancco *et al.*, (2017), las características físicas de los granos de maíz dependen de la variedad (genotipo), de las condiciones ambientales (humedad y temperatura) durante su desarrollo y la principal influencia sobre la variabilidad depende de estas.

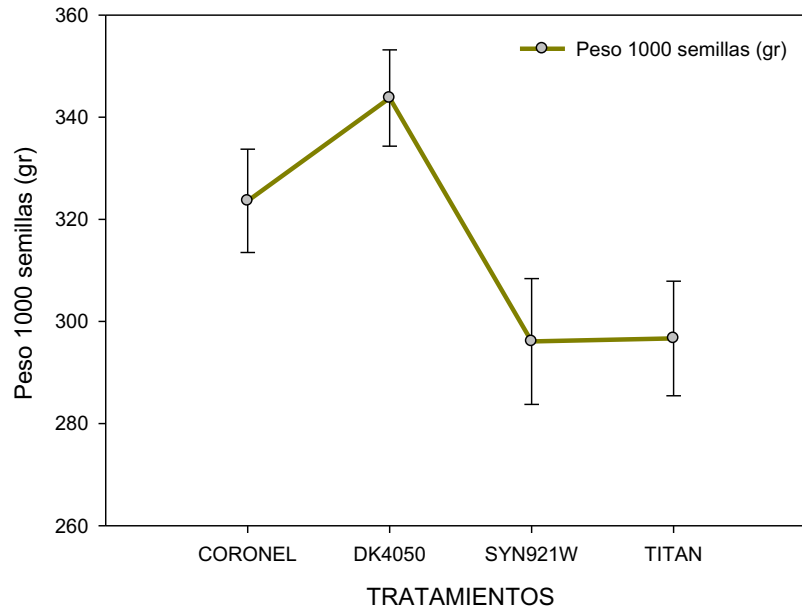
Figura 4. Peso de grano evaluado en tratamientos de maíz



Peso de 1000 semillas (gr).

En la Tabla 3 y Fig. 5 se muestra que el mayor peso de 1000 semillas de 343.75 gr se registró en el tratamiento 2 (DK4050) y el menor peso de 1000 semillas de 296.08 gr se observó en el tratamiento 3 (SYN921W). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, mientras que el peso de 1000 semillas obtenido entre los tratamientos 1 y 2 fueron estadísticamente similares, así como entre los tratamientos 3 y 4. Por otro lado, en el presente estudio se tuvo un rango amplio del peso entre los tratamientos y de acuerdo a Rivetti, (2006), el peso medio de los granos depende de la duración del período efectivo de llenado desde fecundación hasta la formación de la capa de abscisión en la base del grano (capa negra) y de la tasa de llenado.

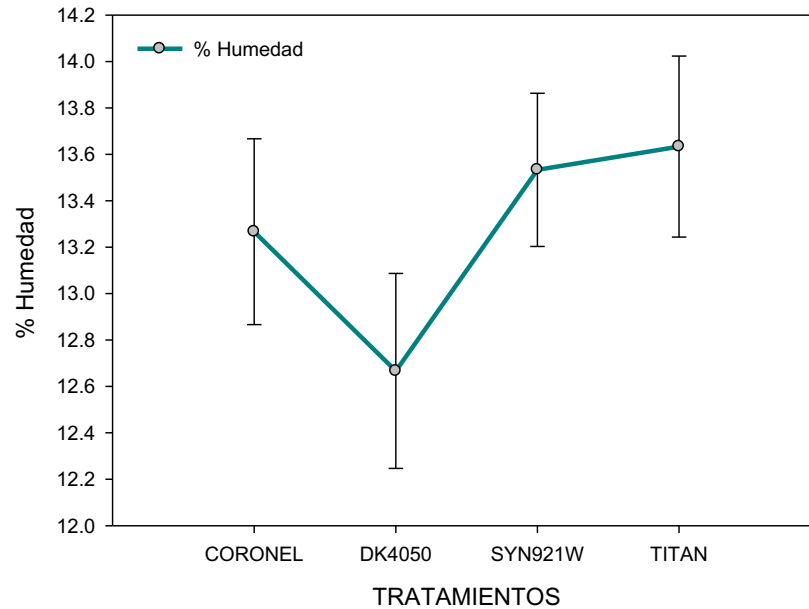
Figura 5. Peso de 1000 semillas evaluado en tratamientos de maíz.



Humedad de grano (%).

En la Tabla 3 y Fig. 6 se muestra que el mayor porcentaje de humedad de 13.27 se registró en el tratamiento 1 (CORONEL) y el menor porcentaje de humedad de 13.67 se observó en el tratamiento 3 (SYN921W). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, el porcentaje de humedad obtenido entre los tratamientos 2 fue estadísticamente diferente con respecto a los tratamientos 3 y 4, mientras que los tratamientos 3 y 4 fueron estadísticamente similares. Por otro lado, si es de nuestro interés el almacenar los granos para alimento o para industrialización, la humedad es uno de los factores principales que influyen en el rendimiento y los granos se deben guardar limpios, secos (13,5 % de humedad de recibo) y sin daño mecánico, con lo cual el riesgo de deterioro es mínimo. Para esto, se debe considerar el acondicionamiento, el almacenamiento y el control de calidad de los granos durante la etapa de almacenamiento (Nuss & Tanumihardjo, 2010).

Figura 6. Porcentaje de humedad evaluada en tratamientos de maíz.



CONCLUSIONES.

- El tratamiento 2 donde se evaluó el híbrido DK4050 resultó ser el óptimo con valores promedio mayores en variables de interés comercial, con un peso de grano de 9135 gr y un peso de 1000 semillas de 343.75 gr.
- Se obtuvo una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, donde se observa que para este estudio las plantas con menor altura, arrojaron mayor peso de grano, lo cual se traduce en que no tiene una relación directa entre la altura de planta y el rendimiento de un híbrido.
- Los valores promedio de las variables analizadas en la presente investigación arrojan como una alternativa el híbrido DK4050 para los productores agrícolas de la zona norte del estado de Sinaloa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancco, T. (2017). Caracterización Física de Semillas de Maíz Sembrado en Andahuaylas Perú. *Revista Ciencia & Desarrollo*, pp. 1-7. Perú: Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Recursos Andinos de la Universidad Nacional José María Arguedas Andalmaylas, Asociación de Investigadores Nueva Agroindustria y Transformación Territorial-AINTA.
- Espinosa, A., Tadeo, M., Lothrop, J., Azpíroz, S., Tuty, C. & Salina, Y. (2003). H-50, híbrido de maíz de temporal para los valles altos de México (2200 a 2600 msnm). *Agricultura Técnica en México*, 29(1): 89-92.
- FERTILAB, (2013). Manual de muestreo de suelo, planta y agua. 3ª Edición. 28 pág.
- Guía técnica para la descripción varietal (2014). Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). SAGARPA. México. 42 pág.
- Jugenheimer R. W. (1981). Maíz: Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Ed. Limusa. México, D. F. 841 pág.
- Kato, Y.T.A., Mapes C., Mera L. M., Serratos J.A., & Bye R. A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Distrito Federal, México.
- Luna, B., Hinojosa, M., Ayala, O., Castillo, F. & Mejía, A. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 5(1):1-7.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis.
- Nuss, E. T. & Tanumihardjo, S. A. (2010). "Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 9, no. 4, 2010, pp. 417-436, ISSN 1541-4337.
- Ordóñez, R. (2012). Estudio de las propiedades físicas y de la cinética de secado de granos de maíz colorado duro. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Facultad de Ingeniería, Núcleo TECSE (Tecnología de Semillas y Alimentos).
- Panorama Agroalimentario. (2016). Dirección de Investigación y evaluación económica y social. FIRA. pp. 14-18.

- Rivetti A.R. (2006). Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVIII. N° 2. 25-36.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2018). Producción nacional de maíz, porcentaje de producción por entidad federativa. Disponible:
https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2019). Producción nacional de maíz, porcentaje de producción por entidad federativa. Disponible:
https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019.
- Villalobos-González, A., López-Castañeda, C., Miranda-Colín, S., Aguilar-Rincón, V.H. & Lopez-Hernandez, M.B. (2016). Relaciones hídricas en maíces de Valles Altos de la Mesa Central de México en condiciones de sequía y fertilización nitrogenada. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(7):1651-1665
- Vitoria, H., & Méndez J. R. (2007). Relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica. Rev. Fac. Agrar. Univ. Nac. Cuyo 39(2):91-100.

ANEXOS.



Anexo 1. Híbridos de maíz utilizados en la presente investigación .



Anexo 2. Instalación del diseño experimental en campo.



Anexo 3. Siembra directa en campo experimental.



Anexo 4. Medición de variables en muestras de maíz.

ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA DETERMINAR EL EFECTO DE NIVELES DE VERMICOMPOSTA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE SANDÍA (*CITRULLUS LANATUS*)

ADALID GRACIANO OBESO¹, CÉSAR IVÁN VELÁZQUEZ CERECERES², GREGORIO POLLORENA LÓPEZ³

RESUMEN

Los abonos orgánicos constituyen una oportunidad de desarrollar y expandir el potencial productivo de los suelos y brindar una elevada calidad nutricional a los alimentos, sin agredir el medio ambiente. El objetivo del presente proyecto fue evaluar el efecto de cinco niveles de abono orgánico (vermicompost) combinado con fertilización química (convencional) y su relación con la calidad y el rendimiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), mediante un análisis de regresión lineal. Se establecieron cinco tratamientos y se realizó un análisis de varianza de 1 vía para un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las variables que se evaluaron fueron: calidad de la sandía con peso de fruto (PF); largo del fruto (LF); diámetro del fruto (DF) y sólidos solubles totales (SST), así mismo se evaluaron el rendimiento (R) y número de frutos por hectárea (NF). Los resultados muestran que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en R, NF, PF, LF, DF y SST, se encontró correlación positiva fuerte entre LF y niveles de vermicompost, con $R^2 = 0.8655$. El mejor rendimiento y número de frutos- ha^{-1} se obtuvieron en el tratamiento 4 con la fertilización convencional + 150 gr de vermicomposta/planta con un valor de 6.81 ton- ha^{-1} y 1080 frutos- ha^{-1} .

Palabras clave: abono orgánico, correlación, fertilización, rendimiento.

¹ Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. adalidgraciano@hotmail.com

² Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. civc2285@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico Superior De Guasave. gregopollo@gmail.com

ABSTRACT

Organic fertilizers are an opportunity to develop and expand the productive potential of soils and provide high nutritional quality to food, without damaging the environment. The objective of this project was to evaluate the effect of five levels of organic fertilizer (vermicompost) combined with chemical fertilization (conventional) and its relationship with the quality and yield of the watermelon (*Citrullus lanatus*) crop, through a linear regression analysis. Five treatments were established and a 1-way analysis of variance was performed for a completely randomized design with three replications. The variables that were evaluated were: quality of the watermelon with fruit weight (PF); fruit length (FL); fruit diameter (DF) and total soluble solids (SST), likewise the yield (R) and number of fruits per hectare (NF) were evaluated. The results show that there was a significant difference ($P \leq 0.05$) in R, NF, PF, LF, DF and SST, a strong positive correlation was found between LF and vermicompost levels, with $R^2 = 0.8655$. The best yield and number of fruits-ha⁻¹ were obtained in treatment 4 with conventional fertilization + 150 gr of vermicompost / plant with a value of 6.81 ton-ha⁻¹ and 1080 fruits-ha⁻¹.

Keywords: organic manure, correlation, fertilization, yield.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de producción agraria requieren cambios que respondan a exigencias de los consumidores que exigen alimentos producidos con tecnología limpia, esta situación obliga a los productores a ser más competitivos para mantenerse y mejorar su posicionamiento en mercados locales, nacionales e internacionales (Vásquez, 2014). Las tendencias del mercado vigente están orientadas al consumo de frutos inocuos provenientes de sistemas agrarios sostenibles (Murillo-Amador *et al.*, 2015). En este sentido, el abonamiento con fuentes orgánicas como la vermicomposta (VC) se convierte en una alternativa viable, existen estudios sobre los beneficios de la aplicación de VC al suelo, mejorando sus características físico-químicas y biológicas, e incrementando los rendimientos de diferentes cultivos (Massri, 2014; Lawan-Dalorima *et al.*, 2018; Cervantes-Vázquez *et al.*, 2018; Sarmiento-Sarmiento *et al.*, 2019).

La producción de sandía (*Citrullus lanatus*) es una actividad muy importante para pequeños y medianos productores, se trata de un cultivo muy cotizado a nivel local e internacional durante casi todo el año, México es el décimo productor mundial de sandía, en 2018 se produjeron 1,472,459 toneladas, dicha producción le permite ser el tercer lugar mundial por el volumen exportado de sandía. Aunque los mejores precios pagados por su adquisición, determinan que sea el segundo país que más divisas capta por su comercialización externa, generando grandes ganancias al país en las exportaciones (SIAP, 2019).

Para mejorar el rendimiento de la sandía, se debe aumentar el contenido de nutrientes del suelo, para aumentar la fertilidad puede lograrse utilizando fertilizantes orgánicos como estiércol de ganado, estiércol de aves de corral, desperdicio de animales y uso de composta o mediante el uso de fertilizantes químicos, principalmente compuestos de potasio y nitrógeno (Dauda *et al.*, 2005), sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos puede ser perjudicial para el medio ambiente al contaminar el agua y los cultivos agrícolas pueden ser peligrosos para la salud humana. En la agricultura orgánica, el suelo se vuelve rico en nutrientes, por lo tanto, los cultivos crecen saludables y pueden ser resistentes a las plagas y enfermedades, lo que aumenta la calidad de los productos, nutritivos y contienen sustancias que son buenas para la salud (Wakui, 2009).

El panorama internacional del cultivo de sandía es muy promisorio, sin embargo, requiere que el productor sea más competitivo para posicionarse en mercados donde se prioriza la calidad e inocuidad de frutos; éste entorno precisa la necesidad de ejecutar una labor coordinada entre productores y organismos de investigación para generar y proponer nuevas alternativas de producción sostenible a fin de enfrentar un mercado altamente competitivo. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del abonamiento con cinco niveles de fertilizante orgánico (vermicomposta) combinado con fertilización química (convencional) y su relación sobre el rendimiento y la calidad del cultivo de sandía variedad mara.

METODOLOGÍA

Ubicación del área de estudio.

El ensayo se estableció en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, el cual tiene una extensión de 5 hectáreas y está ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N, y 108° a 109° O.

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa



Características del suelo.

El campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG) presenta un suelo arcilloso. Para la toma y análisis de la muestra de suelo se tomó como referencia el manual de muestreo FERTILAB (2013) y la NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones para los estudios de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Características climáticas.

Las características climáticas durante el ensayo se muestran en la tabla 1, donde se puede apreciar que las condiciones climatológicas fueron atípicas específicamente en los meses de enero y febrero de 2020, donde las temperaturas promedio fueron de 7.52°C y 8.69°C respectivamente, con una precipitación en febrero de 2020 de 56.2 mm. Estas condiciones de bajas temperaturas y alta humedad en el suelo no son favorables para el cultivo de sandía, dicho cultivo tolera mejor clima cálido, para un mejor rendimiento.

Tabla 1. Variables meteorológicas durante el periodo del ensayo de diciembre de 2019 a marzo de 2020.

Año	Mes	Temperatura			Precipitación (mm)
		Promedio (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	
2019	Diciembre	18.82*	27.97	9.68	5.3
	Enero	18.42	29.32	7.52	0
2020	Febrero	18.83	28.97	8.69	56.2
	Marzo	22.10	30.21	13.69	5.1

Datos proporcionados por estación del Sistema Meteorológico Nacional, región Guasave (CONAGUA, 2020).

Control y manejo de plagas y enfermedades en cultivo de sandía.

Durante el desarrollo del cultivo, se presentaron diversas plagas y enfermedades. Para la identificación, control y manejo de plagas y enfermedades durante las distintas etapas del cultivo de sandía, se utilizó la metodología descrita por Bautista-Martínez (2006).

VARIABLES DE CALIDAD DE FRUTO A EVALUAR Y RENDIMIENTO.

Para evaluar la calidad del fruto de sandía; peso de fruto (PF); largo de frutos (LF); diámetro de frutos (DF) y sólidos solubles (°Brix) se etiquetaron de manera aleatoria 10 plantas de cada tratamiento, así mismo se evaluó el rendimiento (R) y el número de frutos por planta (NF), las variables a evaluar se realizaron de acuerdo a la metodología descrita en el Manual de Manejo Agronómico para el Cultivo de Sandía, (2017).

Fertilización.

La fertilización convencional se llevó a cabo mediante sistema de riego por goteo durante el ciclo del cultivo de sandía, así mismo se adicionaron 5 niveles de vermicomposta cada 20 días durante el ciclo de la sandía, la vermicomposta es producida en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

Diseño experimental.

Para el desarrollo de la investigación, se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variables de respuesta fueron la calidad y el rendimiento en toneladas por hectárea de cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron en base al tipo de fertilización (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Fertilización (Convencional + gr de vermicomposta/planta)
T1 (Testigo)	Convencional
T2	Convencional + 50 gr de vermicomposta/planta
T3	Convencional + 100 gr de vermicomposta/planta
T4	Convencional + 150 gr de vermicomposta/planta
T5	Convencional + 200 gr de vermicomposta/planta

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Al tener los resultados de las variables evaluadas en los 5 tratamientos, para conocer si existe diferencia significativa en los tratamientos, se aplicó un ANOVA con un 95% de confianza y la diferencia entre medias se evaluó mediante la prueba de Tukey, esto utilizando el programa MINITAB 15, para las gráficas se utilizó el programa estadístico Sigma Plot versión 10.0. Para obtener el ANOVA de la regresión lineal se utilizó el programa MINITAB 15 y los gráficos de regresión fueron realizados en el programa Microsoft Excel 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del fruto de sandía.

En la Tabla 3 y Fig. 2 se muestra que el mayor rendimiento de 6.81 ton-ha⁻¹ se registró en el tratamiento 4 (fertilización convencional + 150 gr de vermicomposta/planta) y el menor rendimiento de 4.39 ton-ha⁻¹ se observó en el tratamiento 1 sin vermicomposta (fertilización convencional). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, el rendimiento obtenido en el tratamiento 4 es estadísticamente diferente a los demás tratamientos y entre los tratamientos 2, 3 y 5 los rendimientos obtenidos fueron estadísticamente similares.

Tabla 3. Rendimiento (ton-ha⁻¹) y número de frutos aplicando cinco niveles de vermicomposta en el cultivo de sandía.

Tratamientos	Rendimiento (ton-ha ⁻¹)	Número de frutos (Frutos-ha ⁻¹)
T1	4.39 ± 0.21c*	864 ± 27c*
T2	4.99 ± 0.24b	972 ± 29b
T3	5.78 ± 0.25b	1026 ± 31ab
T4	6.81 ± 0.23a	1080 ± 35a
T5	5.37 ± 0.17b	918 ± 32bc
Media	5.47	972.00

*Medias seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba deTukey al 95%.

Se puede observar que la aplicación de vermicomposta tuvo efecto en el rendimiento, sin embargo, dosis altas permiten una correlación positiva débil en cuanto al rendimiento (Fig. 3), lo anterior se ha demostrado por Cervantes-Vázquez *et al.*, (2018), los cuales evaluaron tratamientos de 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ de vermicompost con fertilización química en cultivo de sandía, obteniendo el mejor rendimiento en el tratamiento con 3 t ha⁻¹ de vermicompost. Así mismo, se ha demostrado que la adición de vermicompost a los suelos incrementa considerablemente el crecimiento y la productividad de cultivos hortícolas (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007). Además, se ha propuesto que los efectos del vermicompost podrían presentar beneficios como mejorar las condiciones físicas (porosidad, retención de humedad, aireación y drenaje) y químicas (materia orgánica y nitratos) del suelo estimulando el crecimiento vegetativo y obteniendo buenos rendimientos (Lim *et al.*, 2015).

Figura 2. Efecto de niveles de vermicomposta en el rendimiento del cultivo de sandía variedad mara.

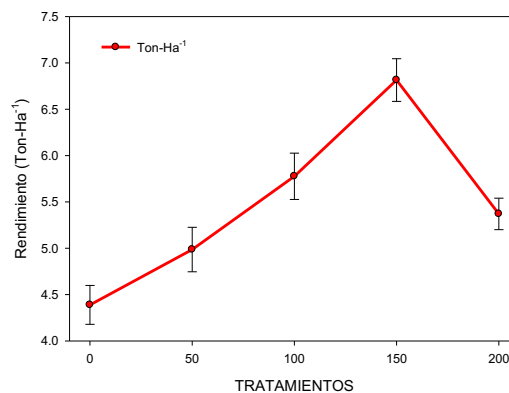
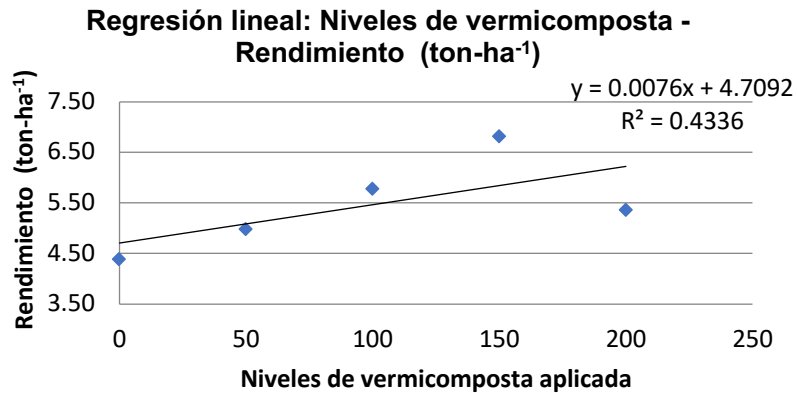


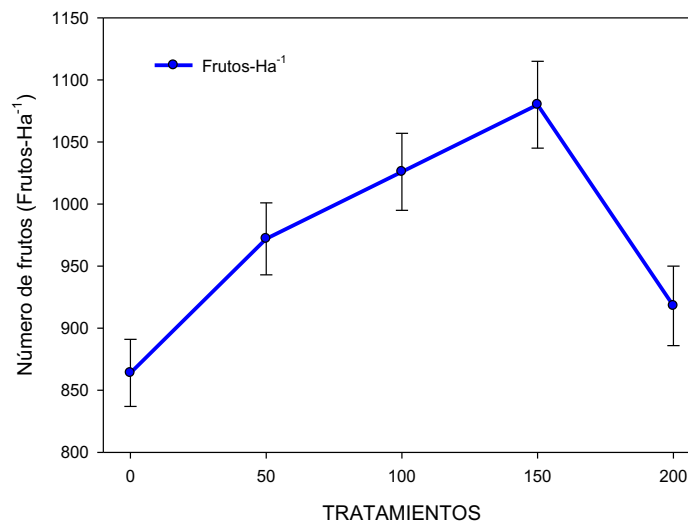
Figura 3. Gráfico de regresión lineal relacionando niveles de vermicomposta aplicadas vs rendimiento obtenido.



Número de frutos.

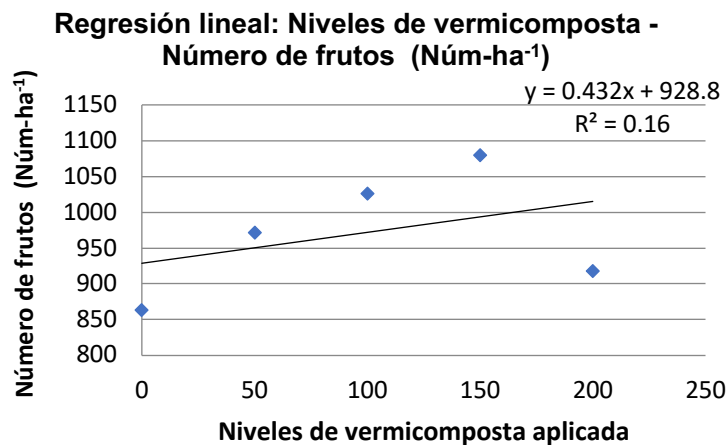
En la tabla 3 y Fig. 4 se muestra que el mayor número de frutos por hectárea es de 1080, el cual se registró en el tratamiento 4 y el menor número de frutos por hectárea es de 864, el cual se observó en el tratamiento 1 sin vermicomposta. Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, el número de frutos por hectárea obtenido en el tratamiento 4 es estadísticamente diferente a los tratamientos 1, 2 y 5, mientras que el número de frutos por hectárea obtenidos fueron estadísticamente similares entre los tratamientos 3 y 4.

Figura 4. Efecto de niveles de vermicomposta en el número de frutos por hectárea del cultivo de sandía variedad mara.



Se puede observar que la aplicación de vermicomposta tuvo efecto en el número de frutos, sin embargo, dosis altas permiten una correlación positiva débil en cuanto al número de frutos (Fig. 5). Dalorima *et. al.*, (2018) demostró que el cultivo de sandía tratado con vermicomposta significa un mayor número de frutos por hectárea, además de una mejora notable en las propiedades fisiológicas de la sandía como la longitud de las guías, el número de hojas, área foliar y contenido de clorofila. Por otro lado, diferentes tasas de vermicompost podrían haber favorecido al cultivo con fruta de mejor calidad y mejor color (Singh *et. al.*, 2008). Así mismo, Marc *et. al.*, (2015) informaron que un aumento en las dosis de vermicompost mejora la cantidad de flores, lo anterior podría traducirse en mayor cantidad de frutos por hectárea.

Figura 5. Gráfico de regresión lineal relacionando niveles de vermicomposta aplicadas vs número de frutos obtenidos.



Peso (kg), diámetro (cm), largo (cm) y cantidad de sólidos solubles (%).

Tabla 4. Peso, diámetro, largo y cantidad de sólidos solubles del fruto aplicando cinco niveles de vermicomposta en el cultivo de sandía.

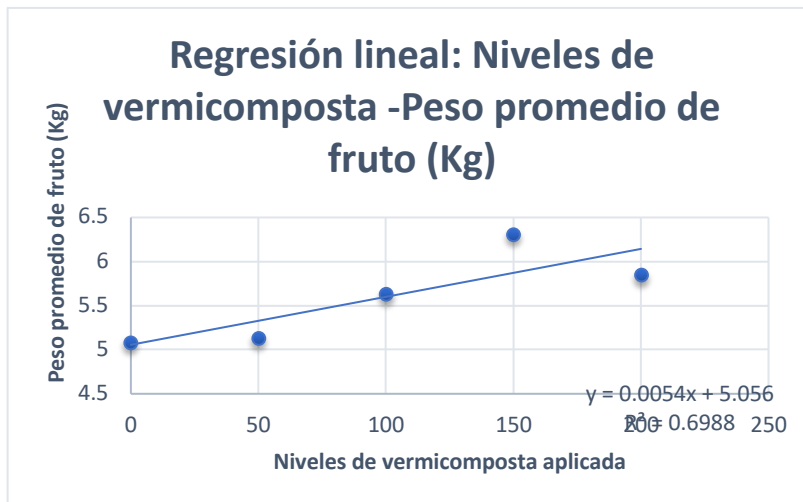
Tratamientos	Peso de fruto (Kg)	Largo de fruto (cm)	Diámetro de fruto (cm)	Porcentaje de sólidos solubles
0	5.08 ± 0.42b*	37.67 ± 0.65b*	62.67 ± 1.41bc*	9.33 ± 0.30b*
50	5.13 ± 0.51ab	37.94 ± 0.56b	61.33 ± 1.29c	9.57 ± 0.29ab
100	5.63 ± 0.48ab	38.77 ± 0.87b	63.07 ± 1.12bc	9.42 ± 0.39ab
150	6.31 ± 0.54a	41.52 ± 1.11a	65.67 ± 1.34b	10.21 ± 0.40 ^a
200	5.85 ± 0.43ab	41.33 ± 1.01a	70.34 ± 1.25a	9.87 ± 0.28ab
Media	5.60	39.44	64.61	9.68

*Medias seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey al 95%.

Peso promedio de frutos.

En la Tabla 4 y Fig. 6 se resumen los resultados obtenidos, donde se aprecia que el mayor peso de frutos de $6.31 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ se registró en el tratamiento 4 y el menor peso de frutos de $5.08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ se observó en el tratamiento 1 sin vermicomposta. Sin embargo, según la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre dos medias de los diferentes tratamientos, el peso de fruto obtenido en el tratamiento 4 es estadísticamente diferente al tratamiento 1 y entre los tratamientos 2, 3 y 5 los pesos de frutos obtenidos fueron estadísticamente similares.

Figura 6. Gráfico de regresión lineal relacionando niveles de vermicomposta aplicadas vs peso promedio de frutos obtenidos.



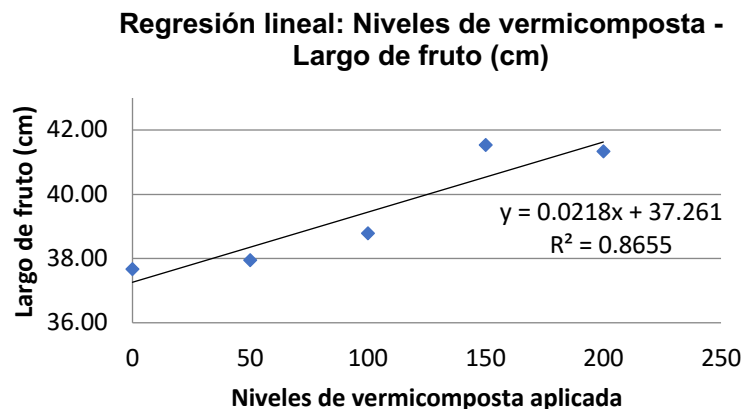
Se puede observar que la aplicación de vermicomposta tuvo efecto en el número de frutos, sin embargo, dosis altas permiten una correlación positiva en cuanto al peso de frutos (Fig. 6). Lo anterior lo demostraron Dalorima, *et. al.*, (2018), quienes describieron que el área foliar de la sandía aumenta a medida que las tasas de aplicación del vermicompost aumentan, esto es así porque las tasas más altas de vermicompost mejora las propiedades físicas y químicas del suelo y le da al cultivo las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo, por otro lado, la aplicación de abonos orgánicos aumenta el peso de los frutos por planta (Khandaker *et al.*, 2017). La aplicación de vermicomposta brinda beneficios para distintos cultivos como en la investigación realizada por Thriveni *et al.*, (2015), informó que produce

4,000 kg ha⁻¹ de peso de calabaza con un aumento de la tasa de vermicompost. En otra investigación se ha informado que una tasa de aplicación de vermicomposta de 5 t ha⁻¹ aumenta significativamente el rendimiento de tomate (5.8 t ha⁻¹) en los campos de los agricultores en comparación con el control (3.5 t ha⁻¹) (Nagavallema *et al.*, 2004). Lo anterior se deduce en que una mayor tasa de abonos orgánicos retiene la humedad en el suelo que a su vez mejora y libera más nutrientes para un mayor crecimiento de la fruta (Enujeke, 2013).

Largo promedio de frutos.

En la Tabla 4 y Fig. 7 se muestra que el mayor largo de fruto de 41.52 cm se registró en el tratamiento 4 y el menor largo de fruto de 37.67 cm se observó en el tratamiento 1 sin vermicomposta. Sin embargo, según la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, el largo de fruto obtenido en el tratamiento 4 es estadísticamente diferente a los tratamientos 1, 2 y 3, entre los tratamientos 4 y 5 el largo de fruto obtenidos fue estadísticamente similares.

Figura 7. Gráfico de regresión lineal relacionando niveles de vermicomposta aplicadas vs largo de frutos obtenidos.



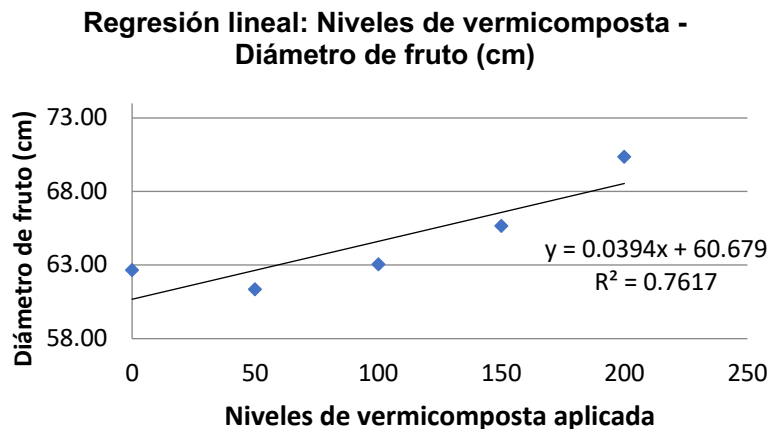
Se puede observar que la aplicación de vermicomposta tuvo efecto en el largo de frutos, en la presente investigación se muestra una correlación positiva fuerte en cuanto al largo de frutos (Fig. 7). Esto da como resultado los hallazgos de Darzi *et al.*, (2009) quienes demostraron que la aplicación de vermicompost produce una mayor actividad de microorganismos que tienen un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, lo cual lo reafirma Arancon *et al.*, (2004) quienes informaron sobre

los efectos positivos del vermicompost en el aumento del área foliar de plantas de tomate, pimiento y fresa. De igual manera Aliyu (2000) indicó que mayores tasas de abono orgánico mejora las propiedades del suelo y aumenta el crecimiento y desarrollo de cultivo de tomate.

Diámetro promedio de frutos.

En la Tabla 4 y Fig. 8 se tienen los resultados obtenidos, donde se aprecia que el mayor diámetro de fruto de 70.34 cm se registró en el tratamiento 5 y el menor diámetro de fruto de 61.33 cm se observó en el tratamiento 2. Sin embargo, según la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, el diámetro de fruto obtenido en el tratamiento 5 es estadísticamente diferente a los otros tratamientos, entre los tratamientos 1, 2 y 3 los diámetros de frutos obtenidos fueron estadísticamente similares.

Figura 8. Gráfico de regresión lineal relacionando niveles de vermicomposta aplicadas vs diámetro de frutos obtenidos.

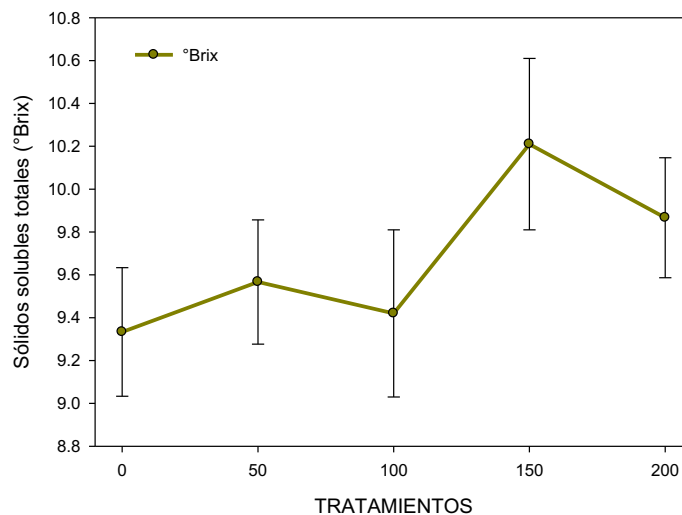


Se puede observar en la Fig. 8 que la mayor dosis de aplicación de vermicomposta obtuvo el mayor diámetro de fruto, la aplicación de vermicomposta tuvo efecto en el diámetro de frutos, sin embargo, dosis altas permiten una correlación positiva en cuanto al diámetro de frutos. Los resultados del estudio realizado por Dalorima *et al.*, (2018) muestran que el peso y tamaño de la fruta de sandía se mejoró a medida que la tasa de aplicación de vermicompost era creciente, por lo tanto, el aumento en la tasa de vermicompost tiene un efecto significativo sobre el rendimiento y el peso de la fruta, esto se debió a que el vermicompost mejora la retención de humedad en el suelo y mejora las propiedades químicas y microbiológicas del suelo.

Porcentaje de sólidos solubles.

En la Tabla 4 y Fig. 9 se tiene que el mayor porcentaje de sólidos del fruto de 10.21 °Brix se registró en el tratamiento 4 y el menor peso de frutos de 9.33 °Brix se observó en el tratamiento 1 sin vermicomposta. Sin embargo, según la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre dos medias de los diferentes tratamientos, el peso de fruto obtenido en el tratamiento 4 es estadísticamente diferente al tratamiento 1 y entre los tratamientos 2, 3 y 5 los pesos de frutos obtenidos fueron estadísticamente similares.

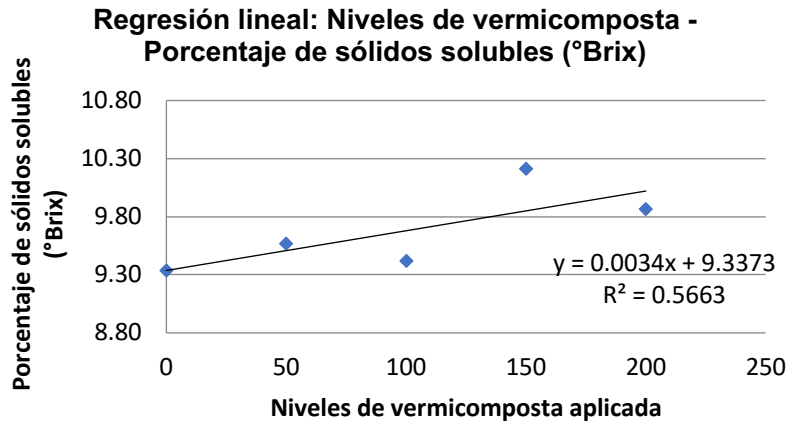
Figura 9. Efecto de niveles de vermicomposta en el porcentaje de sólidos solubles (°Brix) de frutos del cultivo de sandía variedad mara.



Se puede observar que la aplicación de vermicomposta tuvo efecto en el porcentaje de sólidos solubles (°Brix) del fruto de sandía, en la presente investigación se tuvo una correlación positiva en cuanto al porcentaje de sólidos solubles (°Brix) del fruto (Fig. 10). Esto concuerda con los hallazgos de Gutiérrez-Miceli *et. al.*, (2007) quienes encontraron que existe una correlación directa entre el aumento de las tasas de vermicomposta con la maduración de las frutas, por lo que el contenido de sólidos solubles totales (SST), el contenido de jugo y el porcentaje de cenizas de las frutas de sandía pueden atribuirse a tasas más altas de vermicomposta, así mismo, la dulzura se relaciona con el contenido de sólidos solubles totales en sandía (Aguyoh *et. al.*, 2010), acorde a los estándares de mercado 8 °Brix es suficiente para que el producto tenga aceptación además de su buena calidad (Cenobio-Pedro

et. al., 2006) y el contenido total de sólidos solubles en las frutas es importante parámetros que afectan fuertemente la aceptabilidad del consumidor (Moneruzzaman et. al., 2011).

Figura 10. Gráfico de regresión lineal relacionando niveles de vermicomposta aplicadas vs porcentaje de sólidos solubles (°Brix) obtenidos.



CONCLUSIONES.

- El tratamiento con 150 gr planta⁻¹ de vermicompost y fertilización convencional resultó ser el óptimo con valores promedio mayores, con un rendimiento de 6.81 t ha⁻¹, 1080 número de frutos ha⁻¹, peso de frutos de 6.81 kg, un largo de 41.33 cm por fruto promedio y 10.21 °Brix.
- Se tuvo una correlación positiva fuerte entre los niveles de vermicomposta y el largo de los frutos con una R² = 0.8655, así mismo, como resultado del análisis de regresión lineal se obtuvieron correlaciones positivas entre los niveles de vermicomposta y todas las variables evaluadas.
- Los valores de peso promedio del fruto de sandía encontrados en la presente investigación de 6.81 kg, estuvieron por debajo de la media reportada de 10 a 12 kg para la variedad de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad mara, lo anterior puede deberse a las anomalías climatológicas que se presentaron en los meses de enero y febrero durante el ciclo de evaluación del experimento con bajas de temperaturas y precipitaciones, las cuales son condiciones adversas para el desarrollo óptimo del cultivo de sandía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguyoh, J. N., Audi, W., Saidi, M. & Gao, Q. L. (2010). Growth, yield and quality response of watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb] Mansf. & Nakai) Cv. Crimson Sweet) subjected to different levels of tithonia manure. *Inter. J. Sci. Nature* 1(1):7-11.
- Aliyu L. (2000). The effects of organic and mineral fertilizer on the growth, yield and composition of pepper (*Capsicum annum* L). *Biol Agril Hort.* 18:29-36.
- Arancon N., Edwards C., Atiyeh R. & Metzger J. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour Technol.* 93(2): 139-144.
- Bautista-Martínez N. (2006). *Insectos Plaga, una guía ilustrada para su identificación.* Universidad Autónoma de Chapingo. ISBN: 968-839-489-0. P.113.
- Cenobio-Pedro G., Inzunza-Ibarra M. A., Mendoza-Moreno S. F., Sánchez-Cohen I. & Román-López A. (2006). Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. *Terra Latinoam.* 24(4):515-520.
- Cervantes-Vázquez T. J. A, Fortis-Hernández M., Trejo-Escareño H. I., Vázquez-Vázquez C., Gallegos-Robles M. A. & García-Hernández J. L. (2018). Fertilización química y orgánica en la producción de sandía en el norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen especial número 20,* 4263-4275.
- Dalorima T., Khandaker M. M., Zakaria A. J. & Hasbullah M. (2018). Impact of organic fertilizations in improving bris soil conditions and growth of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Bulg. J. Agric. Sci.,* 24 (1): 112–118.
- Dauda S.N., Aliya L. & Chiezey U.F. (2005) Effect of Variety, Seedling Age and Poultry Manure on Growth and Yield of Garden Egg (*Solamun gilo* L.). *Nigerian Academic Forum,* 9, 88-95.
- Darzi, M.T., Ghalav A., Sefidkon F. & Rejali F., (2009). The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iran. J. Med. Aromat. Plants,* 24:396-413.
- Enujeke E.C. (2013). An assessment of some growth and yield indices of six varieties of watermelon (*Citrulus Lanatus* Thumb) in Asaba area of Delta State, Nigeria. *Int Res J Agril Sci Soil Sci.* 3(11):376-382.
- FERTILAB, (2013). *Manual de muestreo de suelo, planta y agua.* 3ª Edición. 28 pág.

- Gutiérrez-Miceli F. A., Santiago-Borraz J., Montes-Molina J. A., Nafate C.C., Abud-Archila M., Oliva-Llaven M.A. & Dendooven L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresour Technol* 98:2781–2786.
- Manual de manejo agronómico para el cultivo de sandía, (2017). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Boletín INIA N° 02, ISSN 0717 – 4829.
- Khandaker M.M., Dalorima T., Hailmi M. & Mat N. (2017). Effect of different rates of inorganic fertilizer on physiology, growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus*) cultivated on BRIS soil of Terengganu , Malaysia. *Aust J Crop Sci.* 11(07):880-887. Lawan-Dalorima T., Muhammad H., Jamil-Zakaria A., Majrashi A., Khairil-Mahmud, Suryati-Mohd K. & Moneruzzaman-Khandaker M. (2018). Impacts of vermicomposting rates on growth, yield and qualities of red seedless watermelon. *AJCS* 12(11):1765-1773. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.18.12.11.p1493>.
- Lim S. L., Wu T. Y., Lim P. N. & Shak K. P. Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food Agric.* 95(6):1143-1156.
- Marc Z. A., Walters S. A., Brian S. C. & Masabni J. G. (2015). Effect of soil type and vermicompost applications on tomato growth. *Int J Recycl Organic Waste Agril.* 135–141.
- Massri M. & Labban L. (2014). Comparison of Different Types of Fertilizers on Growth, Yield and Quality Properties of Watermelon (*Citrillus lanatus*). *Agricultural Sciences*, 5, 475-482. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.56048>.
- Moneruzzaman K.M., Al-Saif A.M., Alebedi A., Hossain A.B.M.S., Normaniza O., Nasrulhaq Boyce A. (2011). Nutritional quality evaluation of three cultivars of *Syzygium samaragense* under Malaysian conditions. *Afr J Agril Res.* 6 (3):545-552.
- Murillo-Amador, B., Morales-Prado, L., Troyo-Diéguez, E., Córdoba-Matson, M., Hernández-Montiel, L., Rueda-Puente, E. & Nieto-Garibay, A. (2015). Chaging enviromental conditions and applying organic fertilizers in *Origanum vulgare* L. *Frontiers in Plant Science* 6: 1-15.
- Nagavallema K. P., Wani S. P., Lacroix S., Padmaja V. V., Vineela C., Babu R. M. & Sahrawat K.L. (2004). Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on Agrecosystems Report no. 8.* Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India.

- NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis.
- Sarmiento-Sarmiento G. J., Pino-Cabana D., Mena-Chacón L. M., Medina-Dávila H. D. & Lipa-Mamani L. M. (2019). Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria* 10(3): 363 – 368.
- Vásquez, J. & Lannacone, J. (2014). La lombricultura como aporte para la agricultura sostenible en el Perú. *Cátedra Villareal* 2: 7-20.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2019). Producción nacional de sandía, porcentaje de producción por entidad federativa. Disponible:https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019.
- Singh R., Sharma R. R., Kumar S., Gupta R. K. & Patil R.T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria 9 ananassa* Duch.). *Bioresour Technol.* 99:8507-8511.
- Thriveni V., Mishra H. N., Pattanayak S. K., Sahoo G. S. & Thomson T. (2015). Effect of inorganic, organic fertilizers and biofertilizers on growth, flowering, yield and quality attributes of bitter melon, *Momordica charantia* L. *Int J Farm Sci.* 5(1), 24-29.
- Wakui, Y. (2009). Organic Farming Technology in Japan. Pilot Project for Better Farm Income by Organic-Based Vegetable Production. Koibuchi College of Agriculture and Nutrition, MITO.

ANEXOS.



Anexo 1. Instalación del diseño experimental en campo.



Anexo 2. Siembra directa en campo experimental.



Anexo 3. Tratamiento de plagas y enfermedades en ciclo de cultivo.



Anexo 4. Medición de variables de calidad y rendimiento de fruto.

ANÁLISIS DE CONDICIONES ERGONÓMICAS DE DOS MÉTODOS DE SIEMBRA DE MAÍZ Y SU EFECTO EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

GRACE ERANDY BÁEZ HERNÁNDEZ¹, ADALID GRACIANO OBESO², VIRIDIANA HUMARÁN SARMIENTO³

RESUMEN

El estado de Sinaloa se caracteriza por su alta vocación en la producción de granos. Es el principal productor de maíz en el país. Sin embargo, las condiciones laborales para los trabajadores no son las más óptimas presentando riesgos y enfermedades musculoesqueléticas. El objetivo de la investigación es analizar las condiciones ergonómicas entre dos métodos de siembra del maíz, con dispositivo, y forma manual, así como el efecto en el porcentaje de germinación. Para ello se realizó un análisis de las operaciones de los puestos de trabajo y aplicación de métodos posturales en las dos prácticas agrícolas que se desarrollan en el área operativa de siembra del campo experimental del Instituto Tecnológico de Guasave, al mismo tiempo, se realizó la prueba de germinación en los dos métodos de siembra, de los cuales se obtuvieron porcentajes de germinación de 96.8% en el método de siembra utilizando el dispositivo y un 89.6 % en el método de siembra manual, de acuerdo a Aristizábal & Álvarez (2006), los valores porcentaje de germinación alcanzados en el presente estudio pueden clasificarse como se alta germinación.

Palabras clave: productividad, rendimiento, lesiones musculoesqueléticas

ABSTRACT

The state of Sinaloa is characterized by its high vocation in the production of grains. It is the main producer of corn in the country. However, working conditions for workers are not the most optimal, presenting risks and musculoskeletal diseases. The objective of the research is to analyze the ergonomic conditions between two methods of sowing corn, with a device, and by hand, as well as the effect on the

¹ Tecnológico Nacional De México/ Instituto Tecnológico De Guasave. gracebaezh@gmail.com

² Tecnológico Nacional De México/ Instituto Tecnológico De Guasave. adalidgraciano@hotmail.com

³ Tecnológico Nacional De México/ Instituto Tecnológico De Guasave. viridianahumaranitsg@gmail.com

germination percentage. For this, an analysis of the operations of the jobs and application of postural methods was carried out in the two agricultural practices that are developed in the operational area of sowing of the experimental field of the Technological Institute of Guasave, at the same time, the test was carried out of germination in the two sowing methods, of which germination percentages of 96.8% were obtained in the sowing method using the device and 89.6% in the manual sowing method, according to Aristizábal & Álvarez (2006), the germination percentage values reached in the present study can be classified as high germination.

Keywords: productivity, performance, musculoskeletal injuries

INTRODUCCIÓN

Sinaloa es el principal productor de granos y hortalizas de México, esto debido a la gran variedad y calidad de alimentos derivados del campo, mismos que son reconocidos a nivel nacional e internacional. El liderazgo agrícola de nuestro estado, se base en producción de cosechas como maíz, trigo, papa, calabaza y muchos otros. Hace que esta sea una de las actividades más representativas de nuestra región. (CODESIN, 2020).

La presencia de trastornos musculoesqueléticos es un tema importante en la salud pública de los agricultores. Existe una pequeña cantidad de estudios que han examinado el riesgo ergonómico y las condiciones laborales asociadas con la presencia de estos trastornos. Se ha demostrado que la agricultura es una ocupación que requiere una gran cantidad de demanda física que incluye movimientos y posturas difíciles, tareas repetitivas y monótonas y alta posibilidad de sufrir y accidentes por caídas debido a la irregularidad del terreno. (Garzón, Vázquez, & Molina, 2017) En general, todos los sectores productivos tienen fallas y deben ser estudiados continuamente para proponer estrategias que se adapten a los requerimientos de una sociedad y un mundo cambiantes. Asimismo, es importante ser consciente de que existe una necesidad latente de incrementar la producción agrícola en el mundo, la cual debe ir acompañada de programas donde su prioridad sea mejorar la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas. Según

datos del Instituto Mexicano de Seguro Social en 2018, se encontró que de 100 trabajadores agrícolas alrededor del 2.2% presentan riesgos laborales y 1.8% también pueden presentar accidentes laborales. (IMSS, 2019). El objetivo de esta investigación es analizar las condiciones ergonómicas entre dos métodos de siembra del maíz, con dispositivo, y forma manual, así como el efecto en el porcentaje de germinación en el cultivo de Maíz, en el ciclo de siembra otoño-invierno 2019-2020, en un espacio de una hectárea.

METODOLOGÍA

1. Realizar un análisis de las operaciones en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, para la identificación de las características los dos métodos de siembra de maíz de manera manual y con un dispositivo. Así como las condiciones de los trabajadores.
2. Realizar evaluaciones para la identificación de lesiones musculoesqueléticas y desorden de trauma acumulativos a través del método mapa de Molestias Corporales Corlett and Bishop, (Corlett, 1976), y Método Rula.
3. Evaluar el porcentaje de germinación, por medio del número de plantas normales entre el número de semillas totales; plantas anormales, las que presentaron malformaciones en raíz, y semillas muertas, que se contó por medio de las semillas que no presentaron estructuras esenciales al finalizar la prueba, lo anterior se realizó en base a la metodología descrita por Moreno, (1996).

RESULTADOS

Las condiciones de trabajo se realizaron en el cultivo de Maíz, del ciclo de siembra otoño-invierno 2019-2020, en el campo experimental del ITSG, realizando los dos métodos de siembra en una hectárea.

El método de siembra manual se realizó con 10 trabajadores todos hombres con un rango de edad de 35 a 48 años con una duración de 5 horas. Todos los operadores realizan 3 a 5 actividades. Las condiciones de ambientales a las que están expuestos durante la jornada: temperatura entre 38 a 42 grados centígrados y una humedad 30% durante la jornada laboral.

Figura 1. Método de siembra manual



Figura 2. Método de siembra con dispositivo



El método de siembra con dispositivo se realizó con 3 trabajadores todos hombres con un rango de edad de 35 a 48 años con una duración de 3 horas. Los operadores realizan 3 a 5 actividades.

Resultados de Método Corlett & Bishop y Método Rula

A través de la aplicación del método Corlett & Bishop en los dos métodos de siembra se registra un riesgo alto. En el método de siembra manual presenta un registro de desórdenes de trauma acumulativo (DTA'S), dolores y molestias en: cuello, piernas, espalda alta, media y baja. Presentando problemas posturales, durante el periodo de trabajo.

En el método de siembra con dispositivo presenta un registro de desórdenes de trauma acumulativo (DTA'S), dolores y molestias en: cuello, espalda alta, espalda media y baja. No presenta problemas posturales, durante el periodo de trabajo. La aplicación del Método de evaluación ergonómica Rula, indica que el método de siembra manual genera el resultado de nivel 6 (Investigación pronto y cambio inmediato). Para el método de siembra con dispositivo genera el resultado de nivel 4. (Investigación pronta, cambio futuro).

Figura 3. Método Rula en Método de Siembra manual.

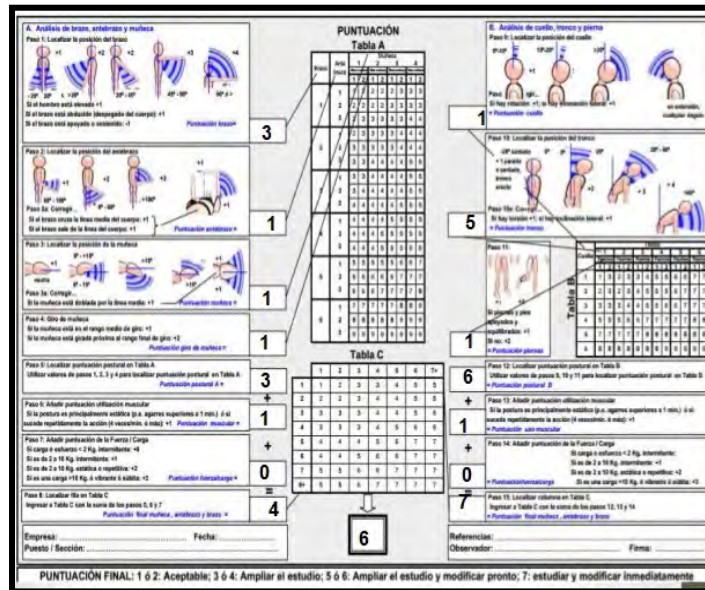
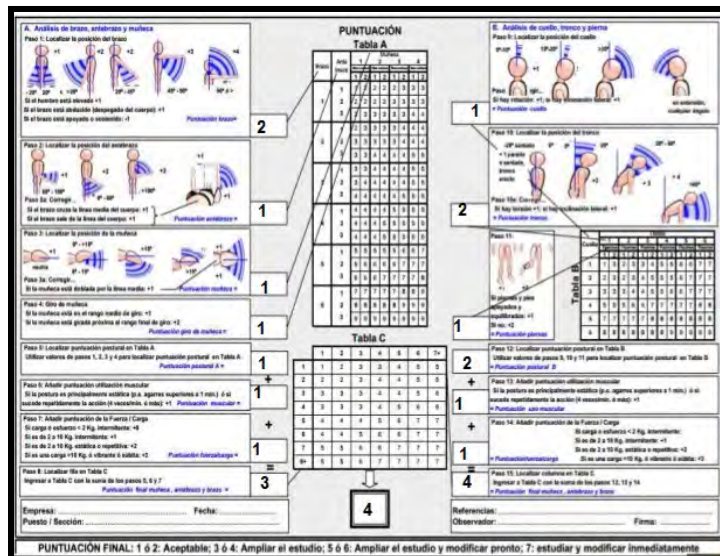


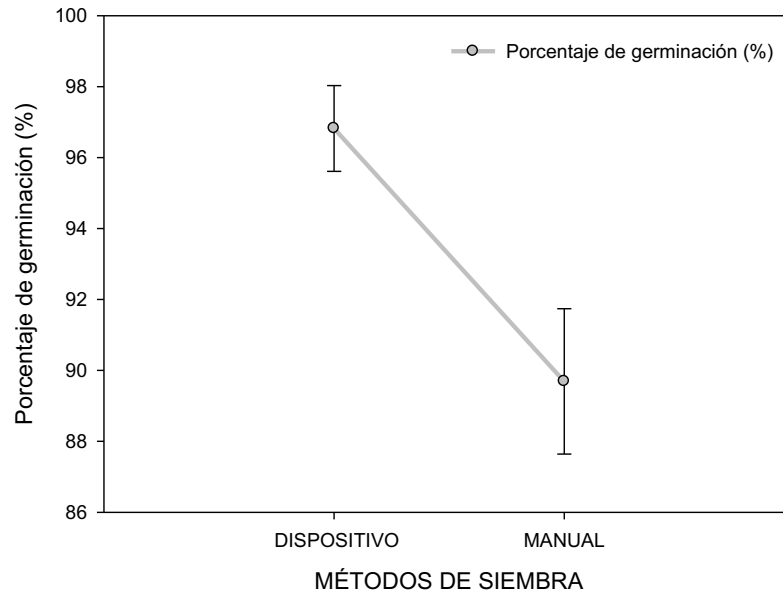
Figura 4. Método Rula en Método de Siembra con dispositivo



Resultados de porcentaje de germinación.

En la Fig.5 se tiene que el mayor porcentaje de germinación de 96.8% se alcanzó con el método de siembra utilizando el dispositivo, mientras que el menor porcentaje de germinación de 89.6% se obtuvo con el método de siembra manual o directa. En base al análisis de los resultados, la prueba de Tukey al 95% arrojó que hubo diferencia significativa entre las medias de los diferentes métodos de siembra y los valores porcentaje de germinación alcanzados en el presente estudio fueron superiores al 80%, los cuales pueden clasificarse como se alta germinación (Aristizábal & Álvarez, 2006).

Figura 5. Resultados de porcentaje de germinación de maíz con dos métodos de siembra.



CONCLUSIONES

El análisis de las condiciones ergonómicas, permite detectar los factores de riesgos que están expuestos los trabajadores cuando realizan operaciones en el campo agrícola. La productividad del trabajador se ve afectada por las condiciones ambientales, temperatura, humedad y métodos de trabajo no adecuados.

El método de siembra con dispositivo es el más adecuado para la siembra de maíz. Con base a los resultados del método Corlett & Bishop se identifica solamente 3 desordenes de trauma acumulativo (cuello y espalda alta y espalda baja) indicador permisible para este método de siembra. Por el método RULA se detecta un nivel 4, indicando que las operaciones se pueden realizar, sin generar una lesión musculoesquéticas representativas en los trabajadores. Así como el porcentaje de germinación del maíz es mayor con el método de siembra con dispositivo que con el método de siembra manual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aristizábal, L.M., & Álvarez, L.P. (2006). Los efectos del nivel de vigor de la semilla pueden persistir e influenciar el crecimiento de la planta, la uniformidad de la plantación y la productividad. *Agronomía* 14(1):17-24.

CODESIN. (12 de 08 de 2020). PAGINA OFICIAL DE CODESIN GOBIERNO DE SINALOA . Obtenido de <https://codesin.mx/news/sinaloa-mas-alla-de-la-agricultura/> Corlett, E. a. (1976). A Technique for Assessing Postural Discomfort. *Ergonomics*, 175-182. McAtamney, L. &. (1993). Un método de encuesta para la investigación de trastornos del miembrosuperior relacionados con el trabajo. *Ergonomía aplicada*, 91-99. Moreno, M.E. (1996). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª. Ed. Programa Universitario de Alimentos. FAO, UNAM, México.

ANEXOS



Anexo 1. Método de siembra manual en campo experimental.



Anexo 2. Dispositivo para siembra utilizado en la presente investigación.

CONTEXTO PRODUCTIVO DE TOSTADO Y MOLIDO DE CAFÉ DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ADOLFO RAMÍREZ ROMÁN¹, ÁNGEL SUÁREZ ÁLVAREZ², LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ³,

RESUMEN

El presente trabajo es resultado del trabajo de campo y operaciones de tostado y molido del café de la Región de Córdoba, de Ixhuatlán del café, de Huatusco, de Xico y de Coatepec a través de la línea de generación y aplicación de conocimiento del Cuerpo Académico UV-CA-470 Innovación en Sistemas de Gestión, permitiendo el desarrollo de ocho trabajos recepcionales a nivel licenciatura.

Se ha analizado la cadena de valor del proceso productivo, que incluye la selección, la compra, programación de producción, procesamiento de órdenes, control de inventarios, transporte, almacenamiento y atención al cliente. El funcionamiento pertinente y adecuado en la Facultad es funcional con referencia a las prácticas escolares en Laboratorio de los programas de Experiencias Educativas siendo parte de las estrategias de enseñanza – aprendizaje en la formación del estudiante con impacto al sector cafetalero artesanal, a través del estudio de las operaciones de transformación del grano de café y su integración del contexto, por ello, se identifican procesos y sus respectivas mejoras para obtener un buen café.

Palabras clave: Grano de Café, Análisis, Tostado, Operaciones, Modelo

ABSTRACT

This work is the result of field work and roasting and grinding operations of coffee in the Córdoba Region, Ixhuatlán del Café, Huatusco, Xico and Coatepec through the line of generation and application of knowledge of the Academic Body UV-CA-470 Innovation in Management Systems, allowing the development of eight reception works at the undergraduate level. The value chain of the production process has been analyzed, which includes selection, purchase, production scheduling, order

¹ Universidad Veracruzana. adolramirez@uv.mx

² Universidad Veracruzana. ansuarez@uv.mx

³ Universidad Veracruzana. alberodriguez@uv.mx

processing, inventory control, transportation, storage and customer service. The pertinent and adequate functioning in the Faculty is functional with reference to the school practices in the Laboratory of the Educational Experiences programs, being part of the teaching-learning strategies in the training of the student with an impact on the artisanal coffee sector, through the study of the operations of transformation of the coffee bean and its integration of the context, therefore, processes and their respective improvements are identified to obtain a good coffee.

Keywords: Coffee Bean, Analysis, Roasting, Operations, Model

INTRODUCCIÓN

Las empresas del sector industrial cafetalero organizan su proceso productivo de acuerdo con el tipo y calidad del grano de café, así como sus estrategias de ventas, las organizaciones realizan un análisis del contexto a través de un estudio interno y externo de los factores.

La importancia en definir el contexto productivo que involucre los factores es conforme el estado de madurez de las operaciones administrativas y operativas con sus beneficios sociales.

Con el censo nacional cafetalero, el Consejo Mexicano del Café, indica, que el cinturón del café en México se concentra en cuatro entidades federativas: Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla; las que tienen una producción del 85% del total nacional de café verde. Por lo tanto, La SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación) determinó que el café es la segunda bebida más consumida en el mundo, sólo después del agua.

El rubro café es en la actualidad el segundo producto comercial más importante del mundo después del petróleo, siendo sus granos considerados como el primer “commodity” internacional. La producción de café se concentra en 52 países, en su mayoría distribuidos principalmente en las regiones ecuatoriales con condiciones agro-climatológicas favorables para su desarrollo; de estos países, 22 cultivan *Coffea Arábica* L., 18 *Coffea Canephora* P., y 12 países producen ambas especies, que son las de mayor importancia comercial (COFENAC, 2011).

El cultivo se desarrolla sobre una superficie de alrededor de 17 millones de hectáreas a través de todo el mundo, de las cuales 11 millones están cultivadas con café arábigo y 6 millones con café robusta (OIC, 2019).

Las herramientas de calidad y productividad empleadas en el trabajo de investigación contribuyen en la confiabilidad de los resultados de eficacia. Se determinaron en el laboratorio operaciones que generen una evaluación positiva de los indicadores propuestos: distribución, costos de inventario, con indicadores y operaciones desarrollados en el manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Facultad.

“La Universidad Veracruzana, como institución que ejerce entre sus funciones sustantivas la extensión, tiene un compromiso con el desarrollo social, cultural y económico en su entorno local, estatal y nacional (Programa de Trabajo Estratégico 2017 – 2021). Uno de los diversos medios que la Universidad posee para dar respuesta a tal compromiso, son los Cuerpos Académicos (UV-CA-470); estos grupos de docentes e investigadores, tienen como propósito contribuir al desarrollo de la institución a través de las líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento, teniendo en cuenta los objetivos y los Programas Educativos (PE Ingeniería Industrial) de las Entidades Académicas de la Universidad, así como la pertinencia de su contribución a la solución de problemas sociales y productivos.

La incidencia de este proyecto presentado en el Programa Educativo dará un impulso a la investigación dentro del cuerpo Académico (CA) en grado de Formación: “Innovación en Sistemas de Gestión” con clave PROMEP-SEP.UV-470 y con la colaboración del CA en Consolidación con Clave PROMEP-SEP-UV-341 “Ingeniería de Procesos y Desarrollo sustentable” los cuales presentamos.

La competitividad en una empresa proviene del funcionamiento adecuado de la misma, esto es, que todas sus áreas que la constituyen (producción, finanzas, marketing, entre otras ramas interdisciplinarias) operen con eficacia y eficiencia. Se define la eficacia como “la obtención de los resultados deseados”, y a la eficiencia, como “el obtener el resultado deseado con el mínimo posible de insumos”.

El sector es amplio, va de lo extractivo hasta la comercialización, pasando por la transformación, de ahí que este equipo de trabajo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales “FIMCN” de la Universidad Veracruzana busque incidir en una parte de la cadena, específicamente la que involucra el tostado, molienda y envaso como primera etapa, misma que se busca modelar en laboratorio, por lo cual es necesario el equipo para reproducir las operaciones, y así, poder estudiarlas, replicarlas y proponer estándares.

Es un sector de alta importancia social y económica, que ofrece trabajo a medio millón de familias. En los municipios cafetaleros, siete de cada diez habitantes viven en condiciones de marginación, alta correlación con la pobreza, tres de cada cuatro trabajadores agrícolas, no perciben ingresos o generan hasta un salario mínimo.” (Ramírez Román, Suárez Álvarez, Chabat Uranga, & Ortiz Martínez, 2019)

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos deseados en el proyecto del Café, nuestro equipo de académicos y de estudiantes con la vivencia del trabajo de campo y visita de empresas en el mes de Abril de 2019, se conforma y se consolida el laboratorio de Ingeniería Industrial ubicado en el Edificio K “Taller de Navales” de la Facultad; donde se tienen maquinas especiales para el estudio de operaciones que incluye el tostado, molienda y envasado del café, algo que nos brinda la oportunidad de conocer como es el proceso industrializado del producto cafetalero. La visita en empresas productoras fueron en las ciudades de Coatepec, Xico, Huatusco, Ixhuatlán y Córdoba, entre ellas la Finca Monte azul, la Hacienda Café tal Apan, el Museo del Café, empresa Don Café, entre otros productores y comerciantes del grano de café se entrevistaron a cafeticultores e inversionistas permitiendo la recopilación de información de los tipos y variedad de productos, también, de analizar las situaciones actuales de la industrial del café con una visión contextual del Estado, Nacional e Internacional.

Con las propuestas y análisis de las diferentes prácticas que se pueden realizar con las máquinas: tostador, molino, selladora y morteadora, se documentan los materiales que se utilizan para su realización con sus parámetros de los fines que se requiere, y generar resultado óptimos y satisfactorios al consumidor.

RESULTADOS

Con la recopilación de los ensayos y proceso productivo en el Laboratorio se consolidó un manual de procesos que favorece la obtención del café apoyando al estudiante aplicando técnicas y métodos analizados en el aula con las experiencias educativas del Programa Educativo de Ingeniería Industrial, el cual, se enlistan a continuación:

- Desarrollo Sostenible,
- Seguridad e higiene,
- Comercialización,
- Distribución y Localización de la Planta,
- Ergonomía,
- Ingeniería de Métodos,
- Logística y Cadena de suministros, y
- Control de calidad y confiabilidad.

En el análisis del contexto de la organización, se consideran los pasos de la norma ISO 9001:2015 en su Capítulo 4: Contexto de la organización, que involucra 4 puntos clave del Sistema de Gestión:

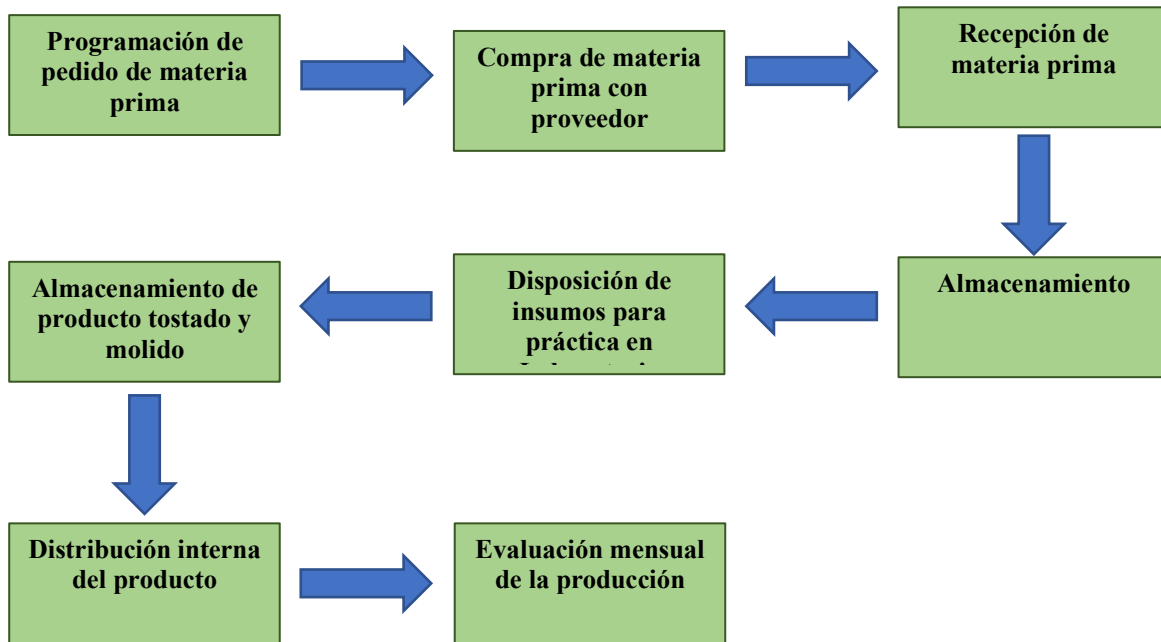
1. Conocimiento de la organización y de su contexto
2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas
3. Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad
4. Sistema de gestión de la calidad y sus procesos

También, se analizan los requisitos para cumplir ciertos puntos a través de las herramientas:

- Análisis DAFO
- Análisis del entorno (PESTEL)
- Modelo de las 5 fuerzas de Porter

De acuerdo con los resultados y actividades se generó el siguiente diagrama de bloque (ver figura 01) referente a la cadena de suministro del taller donde se establecieron los indicadores de compra y de producción que refiere a la cantidad de grano requerido para su tostado o molido, capacidad de cada máquina y sus respectivos ciclos por práctica de los estudiantes en el laboratorio.

Figura 01 Diagrama de bloque.



Fuente: Elaboración propia

Las actividades internas realizadas se enfocan desde la selección del grano en pergamino o verde hasta su transformación a través del tostador, molido y envasado con la selladora de pedestal, el cual se describe en forma general en la siguiente tabla de datos con variables de cada área:

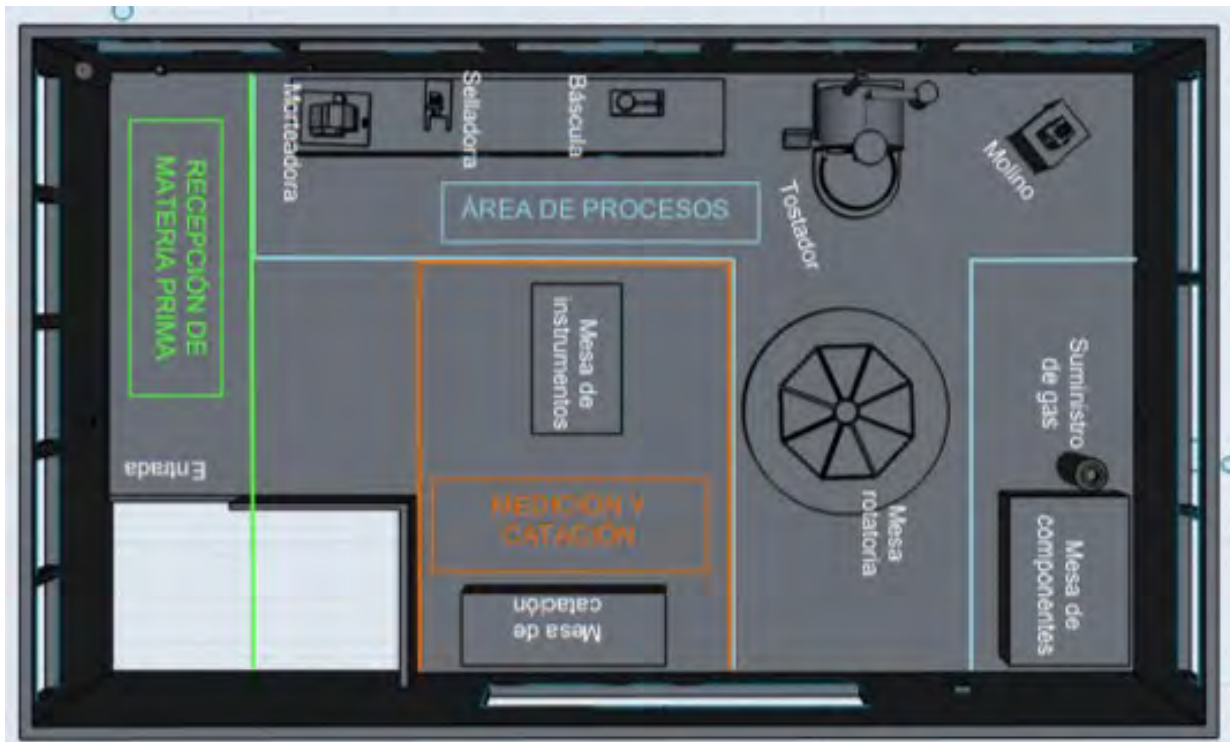
Proceso	Descripción	Tiempo de espera
Pedido de materia prima	Solicitud del grano de café a proveedores, envío por paquetería o compra directa en empresa	1 – 10 días
Recepción de materia prima	Recibir físicamente el grano para su posterior almacenamiento	
Almacenamiento de la materia prima	Guardado bajo condiciones óptimas de preservación.	10 minutos
Pesaje	Separar por peso adecuado especificado para cada equipo. El resto se almacena nuevamente	2 minutos
Morteo	Sólo si se trata de grano tipo pergamino. Se retira la cáscara o pergamino en la morteadora, para dejar solo el grano verde	2 minutos
Tostado	Se vierte el grano previamente pesado en la tolva de la máquina, se deja caer al cilindro y se inspecciona el aroma y color durante el proceso	15 – 25 minutos
Molido	Se ingresa el café tostado al molino y se elige el nivel de granulado que se desea aplicar, el producto se acopia en la bandeja	5 minutos
Envasado	Se realiza inmediatamente después del molido, para evitar que el café adquiera humedad. Se envasa en bolsas herméticas.	2 minutos
Sellado	Sellado de las bolsas en selladora térmica	5 minutos
Almacenamiento	Se almacena el café molido para protegerlo de agentes externos como humedad	< 4 semanas

Las visitas guiadas en las empresas cafetaleras y las explicaciones proporcionadas por los expertos en la materia fueron relevantes para comprender los procesos empleados en el cultivo, beneficiado, almacenaje y distribución de este importante producto para la economía del estado de Veracruz, y que además nos brindaron las bases necesarias para diseñar un marco teórico referencial.

Se propusieron indicadores de producción y de compras que apoyan en la gestión de recursos y la planificación del suministro de estos. Tales indicadores representan ahorros en costes de transporte hasta del 60% comparado con el gasto inicial, y aseguran la disposición de materia prima para las prácticas durante el semestre completo.

La adecuada gestión y planeación en la cadena de suministro **SI** ayuda a mantener el consumo controlado de la materia prima en la realización de las prácticas y a la optimización del recurso monetario. Esto, gradualmente mantiene el ciclo de funcionamiento del taller constante y agiliza el proceso interno (Ver figura 02) (Carmona López, 2019).

Figura 02: Lay Out del laboratorio de Ingeniería Industrial



Fuente: Elaboración propia

El modelo de gestión para el laboratorio de ingeniería industrial de la FIMCN es una herramienta pertinente con impacto al sector vulnerable, donde las actividades involucradas en el proceso de producción de café en el laboratorio de la FIMCN, es un modelo de gestión basado en 4 procesos, representándose en la siguiente figura (Ver figura 06).

Figura 6: Mapa de procesos de proceso de producción del laboratorio de ingeniería industrial de la FIMCN.



Como se muestra en el mapa de procesos, todas las actividades van incluidas dentro de un proceso y todas son importantes para lograr los objetivos, en este caso el objetivo es realizar la práctica para que los alumnos aprendan diferentes temas en materia de ingeniería industrial, este mapa nos ayudara a identificar las actividades de cada proceso, su función es llevar un orden en las actividades y con esto evitar los problemas o errores durante las operaciones. Una opción de gestión y muestra para apoyar a las pequeñas y mediana empresas cafetaleras (Burgos Calatayud, 2019).

DISCUSIÓN

Un tostador puede desarrollar estilos de tostado específicos para destacar los atributos de una variedad o región productora particular. Para este proyecto en específico se hicieron diversas visitas a industrias de beneficio de café, en las cuales explicaron los diferentes tipos de secado; el beneficio seco y húmedo. Así como también el proceso de tostado, aunado a esto se estuvieron haciendo prácticas de tostado en el Laboratorio. Con esta experiencia con el tostado de café, se logró tostar un término claro, medio y expreso, del café de Córdoba, Coatepec y Xico (Figura 03). (Guillen González, 2019)

Figura 03: Representación del término claro, medio y expreso de muestras de grano de café.



Fuente: Elaboración propia.

Término claro: los cafés tostados justo después del primer crack son denominados de tostado claro y alcanzan una temperatura máxima de alrededor de 204°C. La acidez es brillante, el desarrollo del cuerpo es mayor que en niveles de tostado más claros y la superficie permanece seca y similar a una esponja.

Término medio: en ocasiones se le denomina tostado City y se trata de un café seco carente de aceites en la superficie. En este nivel de tostado, los compuestos aromáticos se encuentran en su punto máximo, y la taza está cargada de complejidad, la acidez podría no ser tan brillante como en un tostado más claro; sin embargo, aún es posible reconocer el sabor de la variedad, los cafés de estilo medio no alcanzan el segundo crack.

Término expreso: este estilo hace referencia al nivel de tostado de una coloración marrón oscura con una superficie acetosa. La acidez es baja a este nivel. Sus ventajas son su cuerpo, textura y dulzor mayúsculos, que producen una taza equilibrada, también empieza a aparecer en la taza algo de carácter de tostado oscuro, muchos cafés se tuestan bien a este nivel de tostado y conservan su complejidad.

Figura 04: *Envasado de café molido*



Fuente: Elaboración propia

Como parte de las encuesta, a continuación se indica resultado referente al ejercicio de asignación de una marca y aplicando los elementos teóricos de la Experiencias Educativas Comercialización y Desarrollo Empresarial, donde se mostró imágenes concretas donde se exponía de manera clara las propuestas para nombre de la marca, logos y eslogan, al mismo tiempo se cuestionada su preferencia de acuerdo a sus gustos y opinión, todo esto por medio de una encuesta realizada en línea que se compartió a estudiantes y catedráticos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales a través de un link se realizó la encuesta durante la cata de los tipos y variedad de café en el Edificio J de la Facultad (Martínez Luna, 2019).

Figura 05: Resultado de encuestas en ejercicio de creación de marca.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Se fomenta una enseñanza más activa e innovadora, donde se fomenta el método científico. Para que así mismo, el alumno desarrolle habilidades, aplique técnicas elementales y se familiarice con la maquinaria del laboratorio de ingeniería industrial. Siendo Veracruz una de las zonas cafetaleras más importantes de nuestro país, se propicia un impacto social del café que nos brinda nuestro hermoso estado.

El café como modelo de análisis de referencia generó metodologías, estándares, técnicas y se consideraron el uso de buenas prácticas de otro sector industrial (vinícola) a través de su gestión en el taller de ingeniería de métodos del Laboratorio y su respectiva optimización de los conocimientos de las Experiencias Educativas, es un balance en el desarrollo local y contexto de las organizaciones promoviendo el consumo del café regional. Así mismo el fortalecimiento de la vinculación y ser una opción de ensayos productivos y comercialización en apoyo al sector cafetalero vulnerable de la Región de Veracruz, innovando las practicas de experiencias educativas a través de las operaciones de grado alimenticio regional.

La prestación de servicios que implican la consecución de recursos externos y, la transmisión directa de conocimientos hacia individuos, grupos o instituciones externas a la Universidad a través de la asesoría y curso de capacitación del Programa de Educación Continua de la Universidad Veracruzana.

Los principales objetivos del laboratorio del café de ingeniería industrial de la Facultad de Ingeniería son:

- Introducir al estudiante todo lo que concierne a las actividades relacionadas al proceso del café desde la selección, el tostado hasta la preparación del café, pasando por las mediciones del tostado y su cata hasta el informe final.
- Apoyar a las actividades académicas así el proceso de aprendizaje de las experiencias educativas del programa educativo.
- Prestar servicios a la investigación y la extensión Universitaria, mediante el apoyo a la realización de trabajos en el aula y en trabajo de campo.
- Facilitar un ambiente propicio para el análisis, la síntesis y la investigación en la industria de alimentos.

Figura 7, 8 y 9: Trabajo de Campo.



Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Nacional del Café. (2020). Asociación Nacional del Café. Obtenido de <http://www.anacafe.org>
- Bonilla, T. L. (2013). Agroturismo en regiones cafetaleras de Veracruz: caso del tour del café. Xalapa, México.
- Burgos Calatayud, C. M. (2019). Tesis: Modelo de gestión para el proceso productivo del grano de café arábigo. Universidad Veracruzana.
- Cafe Finca Monte Azul. (s.f.). Obtenido de <http://fincamonteazul.com>
- Canet Brenes, G., & C.S. (2016). La Situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe por IICA. . Estado de Jalisco A.C.: Jorge Valente García.
- Carmona López, K. A. (Junio de 2019). Tesis: Indicadores y estándar de operaciones en la cadena de suministro del taller de Ingeniería de Métodos de la FIMCN. Universidad Veracruzana.
- Castillo , M. (4 de Abril de 2019). Cafe Veracruzano: Conoce mas de el en esta ruta de coatepec. Obtenido de Seccion Amarilla: <https://blog.seccionamarilla.com.mx/cafe-veracruzano-ruta-coatepec/>
- Contreras Carbajal, I. V. (2019). Trabajo practico educativo: Manual de Prácticas de las Operaciones. Tostado, molienda y envasado del café para el programa educativo de ingeniería industrial. Universidad Veracruzana.
- Contreras, M., M. (1951). Historia del cultivo del café en el ex-cantón de Coatepec, Ver. . Coatepec.
- Dirección General de Normas, Secretaria de Economía. (28 de Septiembre de 2001). Norma Oficial Mexicana NOM-149-SCFI-2001, Café Veracruz-Especificaciones y métodos de prueba. México: Diario Oficial de la Federación el 15 de noviembre de 2000.
- Domínguez, G. J. (Junio de 2019). Trabajo Práctico Técnico: Manual de Seguridad para el taller de ingeniería de métodos. Universidad Veracruzana.
- Flores, Z. (2014). Tesis: “Determinar la calidad de granos de selecciones avanzadas de café robusta (Coffea canephora). Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/3464/1/tesis%20cafe%20Fanny%20Zambrano.pdf>
- Garcia, N., & Rossel, E. (2019). Evaluación de la productividad y calidad en taza de la variedad de café Costa Rica 95 (Coffea Arabica L.) en el sector de Timaruca, en la provincia de San Ignacio–Cajamarca.

- Gob.mx. (s.f.). Obtenido de <https://www.gob.mx/se/articulos/sabias-que-el-cafe-veracruz-tiene-denominacion-de-origen>
- Granados, A. (Marzo de 2018). Veracruz, el café del trópico húmedo de México. *Essence Of Coffee*. Recuperado el 21 de Abril de 2019, de <http://www.essenceofcoffee.net/cafe-del-tropico-humedo-de-mexico/>
- Guillen González, E. (Agosto de 2019). Tesis: Análisis de parámetros del cultivo y procesos de la transformación del grano de café.
- INEGI. (19 de Abril de 2019). Censos Económicos. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- Información y gestion de negocios para cafetaleros. (s.f.). Obtenido de https://www.federaciondecafeteros.org/pergamino-fnc/index.php/comments/cuando_ sembrar_el_cafe
- Martínez Luna, M. J. (2019). Trabajo práctico técnico: Propuesta para la creación de una marca de café artesanal y su comercialización. Universidad Veracruzana.
- Maya, G., J., C., & Piedrahita , J. A. (2019). Influencia de las características del empaque y la etiqueta en la percepción del consumidor de café.
- Maynard, H. (2018). *Manual del ingeniero Tomo I y II* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill.
- OIC. (2019). Organización Internacional del Café. Obtenido de <http://www.ico.org>
- Pensado, O. S. (Junio de 2019). Tesis: Análisis del contexto de la organización de las pequeñas y medianas empresas del sector industrial del café. Univerisdad Veracruzana.
- Ramírez Román, A., Suárez Álvarez, Á., Chabat Uranga, J., & Ortíz Martínez, F. (Diciembre de 2019). Análisis del tostado del grano de café. (S. H. ECORFAN-Mexico, Ed.) *Revista de Ingeniería Industrial*, 3(10), 16. doi:10.35429/JIE.2019.10.3.1.16.
- Romero, B. (2009). Tesis: Identificación de las fuentes de variación que tienen efectos sobre la calidad del café. Obtenido de (Coffea Arábica) en los municipios de el Paraiso y Alauca, Honduras: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A3072E.PDF>
- Universidad Veracruzana . (20 de Junio de 2019). Programa de Trabajo Estratégico (PTE) 2017-2021. Pertinencia y Pertinencia. Obtenido de <https://www.uv.mx/documentos/programa-de-trabajo/>
- Zavala, J. (18 de Abril de 2019). Café Veracruz. Obtenido de www.cafeveracruz.com

ESTUDIO DE LA FORMACIÓN Y PREVENCIÓN DE INCRUSTACIONES MINERALES DE BaSO_4 Y SrSO_4 EN CONDICIONES REPRESENTATIVAS DE INCOMPATIBILIDAD QUE SE PRESENTA EN CAMPOS PETROLEROS

MARÍA ISABEL CALDERÓN CRUZ¹, MIRNA PONS JIMENES², JOSE CARLOS GOMEZ QUEVEDO³, IRMA ALEJANDRA CORONA SALINAS⁴

RESUMEN

El presente artículo muestra los resultados de la investigación en la termodinámica de la precipitación y formación de incrustaciones minerales por BaSO_4 y SrSO_4 a condiciones estáticas y en los mejores escenarios de precipitación encontrados para las fases minerales descritas, se evaluó el desempeño de productos químicos antiincrustantes de tecnología IMP y explicó a nivel molecular la ventaja de desempeño de cada uno. Se demostró la eficiencia de desempeño de productos antiincrustantes de tecnología IMP en salmueras incompatibles e incrustantes en fases minerales de bario y estroncio en condiciones estáticas y dinámicas y los resultados del desempeño constataron la eficiencia de cada producto referida para los sistemas de referencia simples. Las herramientas de simulación molecular empleadas en este trabajo validaron los resultados experimentales obtenidos, para los sistemas de referencia estudiados en condiciones estáticas y los experimentos efectuados a estas condiciones fueron de gran utilidad para establecer condiciones de referencia en la preparación de salmueras sintéticas para evaluar su incompatibilidad en condiciones dinámicas en el equipo analizador de fases incrustantes.

Palabras claves: Incrustaciones, Productos anti incrustantes, condiciones estáticas y dinámicas.

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. isabel.calderon.16@gmail.com

² Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. mponsj@imp.mx

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. jose.gq@itsco.edu.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. div.petrolera@itsco.edu.mx

ABSTRACT

This article shows the results of the investigation in the thermodynamics of precipitation and formation of mineral encrustations by BaSO_4 and SrSO_4 at static conditions and in the best precipitation scenarios found for the described mineral phases, the performance of antifouling chemicals of IMP technology and explained at the molecular level the performance advantage of each. The performance efficiency of IMP technology antifouling products in incompatible and fouling brines in barium and strontium mineral phases was demonstrated under static and dynamic conditions and the performance results confirmed the efficiency of each product referred to for simple reference systems. The molecular simulation tools used in this work validated the experimental results obtained for the reference systems studied under static conditions and the experiments carried out under these conditions were very useful to establish reference conditions in the preparation of synthetic brines to evaluate their incompatibility. under dynamic conditions in the fouling phase analyzer equipment.

Keywords: Fouling, Antifouling products, static and dynamic conditions

INTRODUCCIÓN

La formación de incrustaciones minerales es un fenómeno que se presenta por la presencia de sales inorgánicas derivadas de las condiciones termodinámicas que presentan soluciones acuosas, como la presión, temperatura y concentración.

Las incrustaciones minerales pueden presentarse en los poros de la formación productora y provocar daños en la permeabilidad y porosidad de la roca, aparejos de producción, y lo más importante la pérdida de la productividad del pozo que presenta alto corte de agua.

Esta problemática puede ocurrir en la formación a nivel de poro y en las instalaciones superficiales, por lo que es necesario predecir el riesgo ante la problemática y determinar las mejores estrategias de tratamiento. En este artículo, se presenta el contexto de la problemática desde los escenarios que dan origen a las incrustaciones, entendiendo la termodinámica del fenómeno de precipitación en condiciones estáticas y representativas del sistema de flujo de hidrocarburos y lo más importante proponer un mecanismo que explique el funcionamiento a nivel

molecular de dos productos químicos de tecnología IMP, aplicado a la inhibición y dispersión de incrustaciones minerales derivadas de iones divalentes como bario, estroncio y sulfatos.

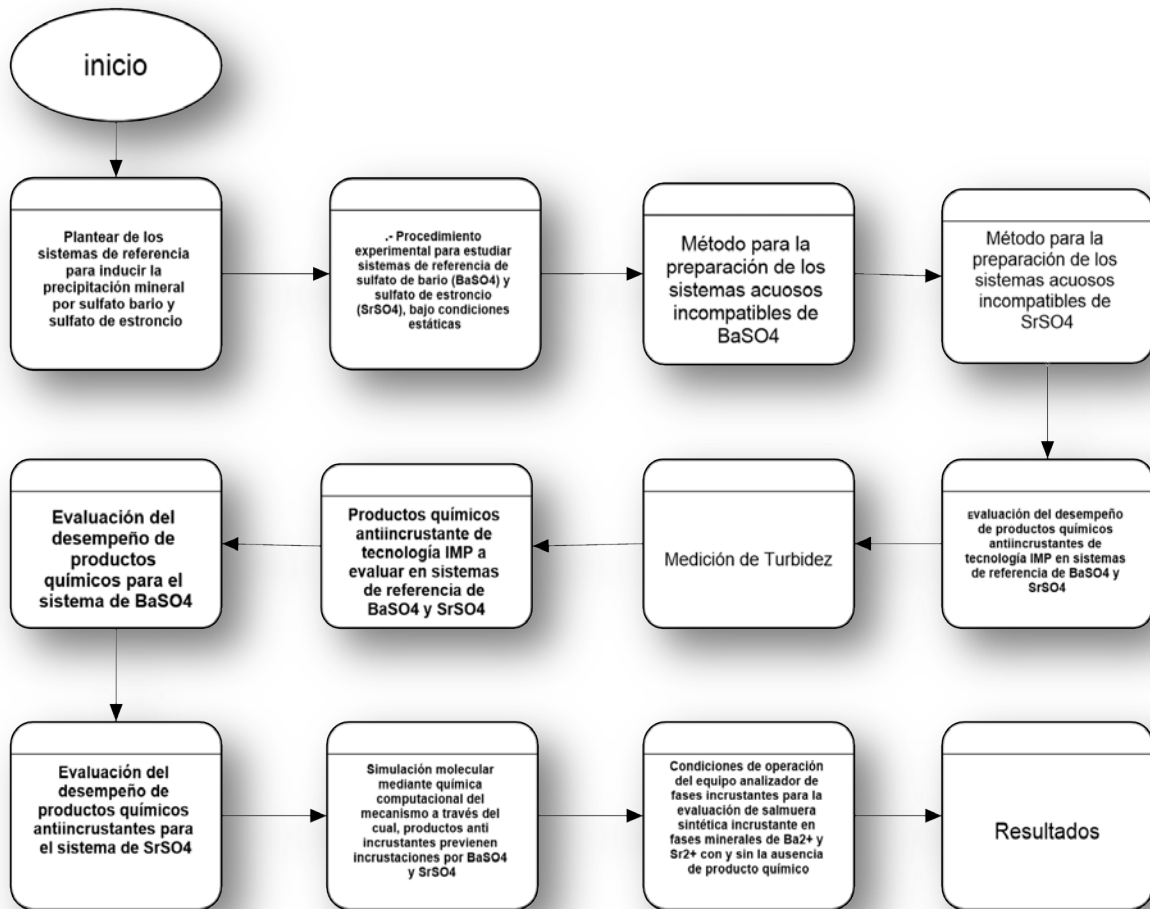
Posterior al entendimiento de la problemática que induce la precipitación por BaSO_4 y SrSO_4 , se evaluó el desempeño de los productos químicos; un copolímero y terpolímero aleatorio derivados del ácido itacónico-vinil sulfonato (**AI-VS**) en sistema de referencia representativo de la aplicación industrial y se dio razón a nivel molecular de su efectividad en cuanto a su desempeño. Finalmente se realizó la evaluación del desempeño de estos productos químicos mencionados en el sistema analizador de fases incrustantes en condiciones dinámicas considerando un sistema de salmueras con el contenido de los iones Ba^{+2} y Sr^{+2} y dar razón del desempeño del producto antiincrustante en una salmuera incrustante comprobando la efectividad que tiene cada producto de acuerdo a la eficiencia que estos proporcionan.

METODOLOGÍA

Las incrustaciones son compuestos resultantes de la cristalización y precipitación de iones minerales presentes en el agua que está asociada en los yacimientos de petróleo, estos iones tienden a interactuar por la termodinámica que existe en salmueras sobresaturadas. Estas precipitaciones se depositan en las tuberías causando taponamiento de estas y equipos que se utilizan para la producción y extracción del crudo. De igual manera ocurre en yacimientos donde se emplea la inyección de agua como sistema de recuperación mejorada, o al utilizar gas con alto contenido de CO_2 y otros contaminantes (Dávila González, 2011).

Derivado de una búsqueda del estado del arte se propone la siguiente metodología la cual consta de las etapas que se muestran en la figura 1.

Figura 2 Metodología planteada para Estudio de la formación y prevención de incrustaciones minerales de BaSO₄ y SrSO₄



Elaboración fuente propia.

1.- Plantear de los sistemas de referencia para inducir la precipitación mineral por sulfato bario y sulfato de estroncio.

Para investigar la termodinámica de la precipitación de incrustaciones minerales por sulfato de bario y sulfato de estroncio se revisó el estado del arte, sobre estudios de inducción de la precipitación en ambos sistemas para establecer las relaciones molares o porcentuales que han sido empleadas en sistemas de aguas incompatibles.

Se tomaron concentraciones catión/anión que pueden existir en la precipitación de $BaSO_4$ y $SrSO_4$ se plantearon intervalos de concentración para el sistema incompatible de salmueras que induce estas precipitaciones; aportando contenido iónico a la salmuera catiónica y aniónica a través de sales de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, $SrCl_2 \cdot 6H_2O$, Na_2SO_4 , y a partir de ellas con el balance de masa adecuado obtener los aportes requeridos de Sr^{2+} , Ba^{2+} y SO_4^{2-} .

2.- Procedimiento experimental para estudiar sistemas de referencia de sulfato de bario ($BaSO_4$) y sulfato de estroncio ($SrSO_4$), bajo condiciones estáticas.

A partir de los experimentos para inducir la precipitación por $BaSO_4$ y $SrSO_4$ considerando la información recopilada se amplió el rango de evaluación catión/anión como se detalla en las siguientes tablas con el fin de delimitar el margen de concentraciones para inducir la precipitación de $BaSO_4$ en un escenario de menor a mayor escala catión/anión en relación equimolar.

Tabla 1. Sistemas de referencia para inducir la precipitación mineral por sulfato de Bario

Temperatura (°C)	H ₂ O (ml)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Masa (g)	Molaridad (Mol/l)
70	100	Ba ²⁺	BaCl ₂ (ppm)		
		50	178.3065	0.0178	0.0000729
		100	356.6131	0.0356	0.000145
		150	534.9197	0.0534	0.000218
		200	713.2262	0.0713	0.000291
		250	891.5328	0.0891	0.000364
		300	1069.8394	0.1069	0.000437
		350	1248.1459	0.1248	0.000510
		400	1426.4525	0.1426	0.000583
		450	1604.7591	0.1604	0.000656
500	1783.0656	0.1783	0.000729		
70	100	SO ₄ ²⁻	Na ₂ SO ₄ (ppm)		
		50	147.8659	0.0147	0.000104
		100	295.7318	0.0295	0.000208
		150	443.5977	0.0443	0.000312
		200	591.4636	0.0591	0.000416
		250	739.3295	0.0739	0.000520
		300	887.1955	0.0887	0.000624
		350	1035.0614	0.1035	0.000728
		400	1182.9273	0.1182	0.000832
		450	1330.7932	0.1330	0.000936
500	1478.6591	0.1478	0.001041		

Tabla 2. Sistemas de referencia para inducir la precipitación mineral por sulfato de estroncio

Temperatura	H ₂ O (ml)	Concentración (ppm)	Concentración n (ppm)	Masa (g)	Molaridad (Mol/l)
70	100	Sr⁺²			
			SrCl₂		
			(ppm)		
		250	1521.4562	0.1521	0.00057
		500	3042.9125	0.3042	0.00114
		1000	6085.8251	0.6085	0.00228
		1500	9128.7377	0.9128	0.00342
		2000	12171.6503	1.2171	0.00456
2500	15214.5628	1.5214	0.00570		
3000	18257.4754	1.8257	0.00684		
70	100	SO₄⁻²			
			Na₂SO₄		
			(ppm)		
		250	739.32	0.0739	0.000033
		500	1478.6591	0.1478	0.000067
		1000	2957.3183	0.2957	0.000135
		1500	4435.9775	0.4435	0.000202
		2000	5914.6366	0.5914	0.000270
2500	7393.2958	0.7393	0.000338		
3000	8871.9550	0.8871	0.000405		

3.- Método para la preparación de los sistemas acuosos incompatibles de BaSO₄. Se emplearon matraces de 100 ml de capacidad, agua destilada, reactivos de sales de BaCl₂.2H₂O y Na₂SO₄, probeta de 100 ml y tubos de vidrio con capacidad de 20 ml. La sal que contiene el ion bario se utilizó para preparar la salmuera catiónica y la que contiene el sulfato se utilizó para preparar la salmuera aniónica. Las masas consideradas para la preparación de las salmueras incrustantes en BaSO₄ se presentan en la Tabla 1, donde las masas varían de acuerdo a las concentraciones elegidas para cada ion.

4.-Método para la preparación de los sistemas acuosos incompatibles de SrSO₄. Por otro lado, tomando como referencia los límites de concentración estudiados en el estado del arte para el ion sulfato (5 - 1480 ppm) y el ion estroncio (72.5 – 1100 ppm), se plantearon los intervalos de concentración de la Tabla 2.

5.- Medición de Turbidez

Posterior a las referencias evaluadas, se midió la turbidez en los sistemas de solución, empleando un turbidímetro portátil MicroTP Scientific, inc., con soluciones de calibración para el instrumento de 0.02, 10 y 1000 NTU (Unidades de Turbidez Nefelométrica), como se muestra en la figura 2.

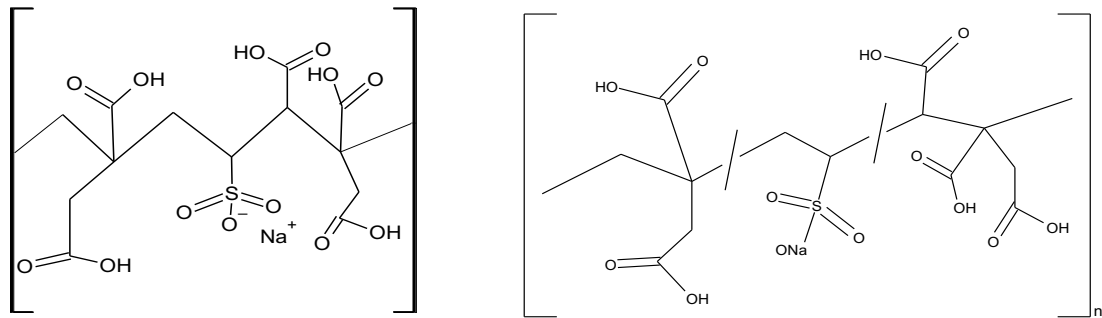
Fig. 2 Medición de turbidez en las muestras a diferentes concentraciones, empleando el turbidímetro portátil.



La lectura de turbidez se llevó a efecto posterior a la preparación de la solución, posterior a someter el sistema a 40°C y finalmente al incrementar la temperatura a 70°. Los altos valores de turbidez en NTU indicaron la presencia de incompatibilidad en el sistema acuoso y los bajos valores de turbidez la ausencia de este fenómeno.

6.- Productos químicos anti incrustante de tecnología IMP a evaluar en sistemas de referencia de BaSO₄ y SrSO₄.

Posterior al planteamiento de concentraciones para evaluar sistemas acuosos incrustantes en BaSO₄ y SrSO₄, se determinó la capacidad anti incrustante de dos productos de tecnología IMP, que corresponde a un copolímero y a un terpolímero aleatorio base ácido itacónico-vinil sulfonato de sodio de estructuras químicas presentada en la Figura 3.

Fig. 3 Copolimero IMP ESIM 2000 (CIMP) Terpolimero base ácido itaconico (TAI)


Los productos anti incrustantes presentados en la Figura 3 refieren al copolimero IMP ESIM 2000 del cual ya fue reportado previamente el mecanismo de desempeño para sistemas de referencia de sulfato de calcio y carbonato de calcio (Pons Jimenez, et al., 2014) y eficiencias de desempeño para diferentes sistemas incrustantes para el caso del terpolimero base ácido itacónico (Pons Jimenez , et al., 2018).

Se procede a la evaluación de los productos químicos; Copolimero y Terpolimero anti incrustante en cada uno de los sistemas de referencias elegidos, se indujo la precipitación por BaSO₄ y SrSO₄ en presencia y ausencia de producto químico atendiendo una metodología para conocer la eficacia de tales productos (Calderón cruz, 2020).

7.- Simulación molecular mediante química computacional del mecanismo a través del cual, productos anti incrustantes previenen incrustaciones por BaSO₄ y SrSO₄ Para correlacionar los resultados experimentales obtenidos con las mediciones de turbidez con y sin producto químico se realizó la modelación molecular de la interacción del copolimero como parte de los productos anti incrustantes mostrados con fases minerales modelo. Lo anterior, al ser el producto que mejor desempeño mostró en la etapa de evaluación experimental. Con los resultados obtenidos en la etapa experimental, y los cálculos preliminares de simulación molecular se planteará la propuesta de mecanismo de desempeño molecular para el copolimero anti incrustante. Lo anterior haciendo uso de cálculos de simulación molecular, específicamente mecánica molecular y cálculos ab initio en el software Hyperchem, empleando los funcionales funcional Polar ribiere y PM3 respectivamente (Hyperchem, 2017).

8.- Condiciones de operación del equipo analizador de fases incrustantes para la evaluación de salmuera sintética incrustante en fases minerales de Ba^{2+} y Sr^{2+} con y sin la ausencia de producto químico.

Posterior a la evaluación del copolímero IMP ESIM 2000 y el terpolímero aleatorio, en sistemas incrustantes en $BaSO_4$ y $SrSO_4$, se llevó a cabo el estudio del desempeño de los productos anti incrustantes en presencia de salmuera incompatible. La salmuera incompatible se preparó a partir de dos soluciones en donde una de ellas suministra las especies catiónicas y la segunda de ellas las especies aniónicas.

Se analizaron concentraciones de producto químico menores a 200 ppm, a 25, 50 y 100 ppm, y se analizó el desempeño en el sistema incrustante en fases minerales de iones divalentes por Sr^{2+} y Ba^{2+} descrito anteriormente a $70^{\circ}C$, con el fin de encontrar las concentraciones mínimas y planear los experimentos en condiciones dinámicas en equipo analizador de Fases incrustantes.

Posterior a la evaluación a pequeña escala de la incompatibilidad de las salmueras presentadas, se fijaron las condiciones de operación en cuanto a las características de flujo, presión y temperatura para el equipo analizador de fases incrustantes mostrado en la Figura 4 atendiendo a lo sugerido en el manual de operación básica (Chandler Engineering, 2014) (CTEP, 2019).

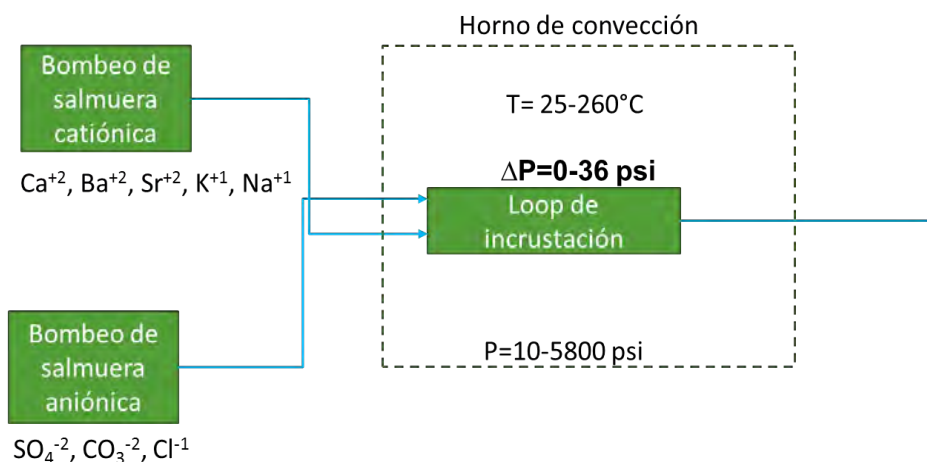
Fig. 4 Equipo analizador de fases incrustantes del CTEP Veracruz



La figura 5 ilustra que el equipo consta de un sistema de bombeo con dos bombas tipo HPLC, con válvula de selección de seis puertos cada una. Para suministrar salmuera catiónica en una de las líneas y salmuera aniónica en otra línea que conducen un flujo total hacia el loop de incrustación y generar incompatibilidad que se traduce en una caída de presión al efluente de flujo en el loop de incrustación. Cada bomba consta de una capacidad de flujo hasta de 9.99 mLmin^{-1} . El equipo está provisto de un horno que abastece una temperatura de calentamiento hasta de 260°C y un transductor de presión que registra una medición hasta de 36 psi como respuesta ΔP a la evaluación de incompatibilidad en salmueras. El equipo puede operar hasta una presión de 5800 psi y consta de dos reguladores de alta (hasta 6000 psi) y baja presión (hasta 800 psi). Antes de cualquier evaluación de salmueras en ausencia o presencia de productos anti incrustantes, es importante establecer la caída de presión de referencia ΔP para los flujos, presión y temperaturas fijados cuando solamente sólo agua desionizada es transportada a través del sistema. Para el efecto de analizar la incompatibilidad de las salmueras presentadas en la Tabla 10, en el equipo presentado en la Figura 8, se estableció una condición de flujo de 6 mLmin^{-1} , para cada suministro anión/catión, logrando con ello una alimentación de salmuera incompatible al loop de incrustación de 12 mLmin^{-1} , una presión de 500 psi y temperatura de 110°C . A estas condiciones se generó en el equipo una $\Delta P = 1 \text{ psi}$ cuando sólo agua desionizada circuló a través de las líneas.

Fig. 5 Principio de operación del equipo analizador de fases incrustantes de la marca Chandler

Principio de operación



RESULTADOS

Mediciones de turbidez en sistemas de referencia de BaSO₄ y SrSO₄

Los resultados de turbidez para el sistema de BaSO₄ se presentaron a temperatura ambiente y a 70°C, los cuales se obtienen a partir de la precipitación por BaSO₄, partiendo que las cantidades de Ba²⁺ y SO₄²⁻ en el sistema incompatible varía de condición equimolar a no equimolar.

En efecto a partir de 50 ppm para el sistema incompatible en BaSO₄ en forma equimolar, es notable la precipitación dado el aumento de turbidez a valores posteriores de concentración equimolar y ligeramente dependiente de la temperatura, ya que a medida que las concentraciones aumentan, la precipitación en los sistemas de solución incrementa respectivamente (Calderón cruz, 2020).

En cuanto al SrSO₄ a diferencia del sistema en BaSO₄, cuando la concentración del catión (Sr²⁺) es menor que el anión (SO₄²⁻) el fenómeno de precipitación impacta de manera menos drástica, y eso se constata con el bajo valor de turbidez de 31.57 o 36.2 NTU para la cantidad de estroncio de 500 ppm cuando la concentración de sulfato es de 1000 ppm.

Evaluación del desempeño de productos químicos; copolímero y terpolímero en sistemas incrustantes por BaSO₄ y SrSO₄

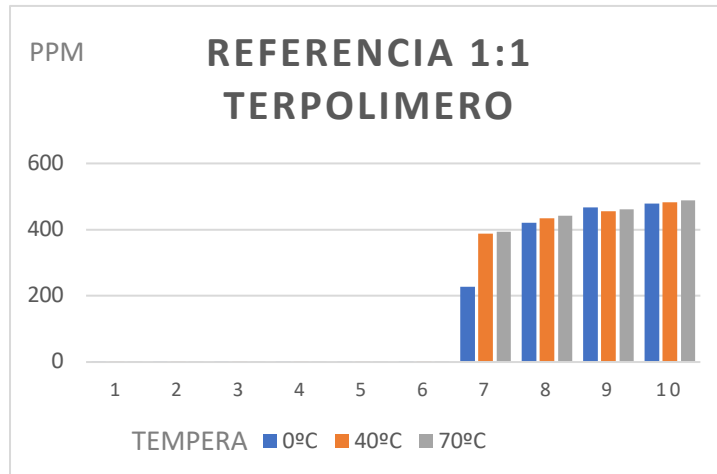
Para la evaluación del copolímero anti incrustante de tecnología IMP, se presentan los siguientes resultados. En la Tabla 3 se registran los valores correspondientes de turbidez a temperatura ambiente en los sistemas incompatibles por BaSO₄ aditivados con producto químico y hasta alcanzar una temperatura de 70 °C.

Tabla 3. Medición de turbidez en los sistemas incompatibles de sulfato de bario, mediante la evaluación del producto químico; copolímero derivado del AI-VS

Concentración (PPM)	Referencia 1:1	Temperatura		
		0 °C	40°C	70 °C
50	Blanco	50.67	60.3	64.5
	Copolímero	0.50	0.36	0.34
100	Blanco	71.34	73.55	75.45
	Copolímero	0.63	0.50	0.40
150	Blanco	82.27	101.10	108.30
	Copolímero	0.82	0.74	0.6
200	Blanco	142.4	149.4	150.2
	Copolímero	1.57	1.47	1.3
250	Blanco	188.3	244.2	254.2
	Copolímero	3.94	2.74	2.52
300	Blanco	204.2	269.6	271.0
	Copolímero	21.56	5.45	4.31
350	Blanco	286.5	306.3	312.4
	Copolímero	52.00	8.84	7.36
400	Blanco	297.0	351.8	357.5
	Copolímero	56.4	34.01	32.6
450	Blanco	435.6	442.3	454.3
	Copolímero	255.3	164.1	111.0
500	Blanco	553.3	567.0	572.3
	Copolímero	375.2	262.8	258.4

Tabla 4. Medición de turbidez en los sistemas incompatibles de sulfato de bario, mediante la evaluación del producto químico; terpolímero derivado del AI-VS.

Concentración (Ppm)	Referencia 1:1	Temperatura		
		0 °C	40°C	70 °C
50	Blanco	50.67	60.3	64.5
	Terpolímero	0.36	0.46	0.49
100	Blanco	71.34	73.55	75.45
	Terpolímero	0.45	0.50	0.55
150	Blanco	82.27	101.10	108.30
	Terpolímero	0.49	1.68	1.78
200	Blanco	142.4	149.4	150.2
	Terpolímero	0.58	1.76	1.79
250	Blanco	188.3	244.2	254.2
	Terpolímero	0.98	1.91	1.93
300	Blanco	204.2	269.6	271.0
	Terpolímero	3.25	3.31	3.34
350	Blanco	286.5	306.3	312.4
	Terpolímero	228.1	388.7	392.8
400	Blanco	297.0	351.8	357.5
	Terpolímero	420.0	434.5	442.6
450	Blanco	435.6	442.3	454.3
	Terpolímero	467.3	456.1	462.0
500	Blanco	553.3	567.0	572.3
	Terpolímero	477.8	482.8	488.4



La Tabla 3 muestra la efectividad que tiene el producto químico en la dispersión de iones en los sistemas de aguas incompatibles por BaSO₄. Se observa en estos resultados una alta turbidez en los blancos o referencias a las diferentes concentraciones, sin embargo, cuando el copolímero IMP ESIM 2000 está presente, los valores de turbidez disminuyen y presentan rangos que van de 0.34 a 56.4 NTU mucho menor a lo que observan los blancos hasta concentraciones de 400 ppm, por el contrario a partir de 450 ppm con el producto se genera una turbidez hasta valores de 255 ppm, por lo que a esta concentración de bario el producto aunque no logra un buen efecto de dispersión y tiene una menor turbidez que en los blancos, podría estar actuando en la morfología del material que precipita por lo que esta situación deberá corroborarse en estudios posteriores. Los resultados son concluyentes en cuanto a la buena eficiencia que tiene el producto químico con las muestras de BaSO₄, actuando este como un dispersante de cationes y aniones evitando la precipitación mineral hasta 400 ppm.

Para la evaluación del terpolímero anti incrustante de tecnología IMP en la Tabla 4 se registran los valores correspondientes de turbidez a temperatura ambiente en los sistemas incompatibles por BaSO₄.

Se observa que para los blancos muestran altos valores de turbidez y en cambio cuando el producto químico es aditivado los valores decrecen en el rango de 0.36 a 3.34 NTU hasta una concentración equimolar de 300 ppm, sin embargo, cuando la concentración del sistema incrementa en forma equimolar a 350 o 400 ppm no se observa una buena dispersión e incluso los valores de turbidez incrementan. En

estudios posteriores, se debe caracterizar el material que precipita para elucidar un posible efecto del producto en el umbral de precipitación. Los resultados de la evaluación del terpolimero fueron bastante similares para el copolímero en este sistema sólo que el copolímero toleró un rango de concentración ligeramente mayor casi en 100 ppm que el terpolimero en el sistema que precipita, en este caso BaSO_4 . De igual manera los valores de turbidez indicaron que el fenómeno de precipitación impacta en presencia y ausencia de producto químico con el incremento de la temperatura.

Es importante notar que, para el sistema estroncio, el efecto del producto químico en la dispersión del sistema se favorece con el incremento en la temperatura y por el contrario en los blancos o referencias el fenómeno de precipitación se incrementa a medida que la concentración catión/anión incrementa de forma equimolar y esta situación es drástica con el incremento de temperatura. En este sistema ambos productos muestran una excelente eficiencia de desempeño, contrario al sistema BaSO_4 en donde el copolímero mostró mayor afinidad a iones bario que el terpolímero.

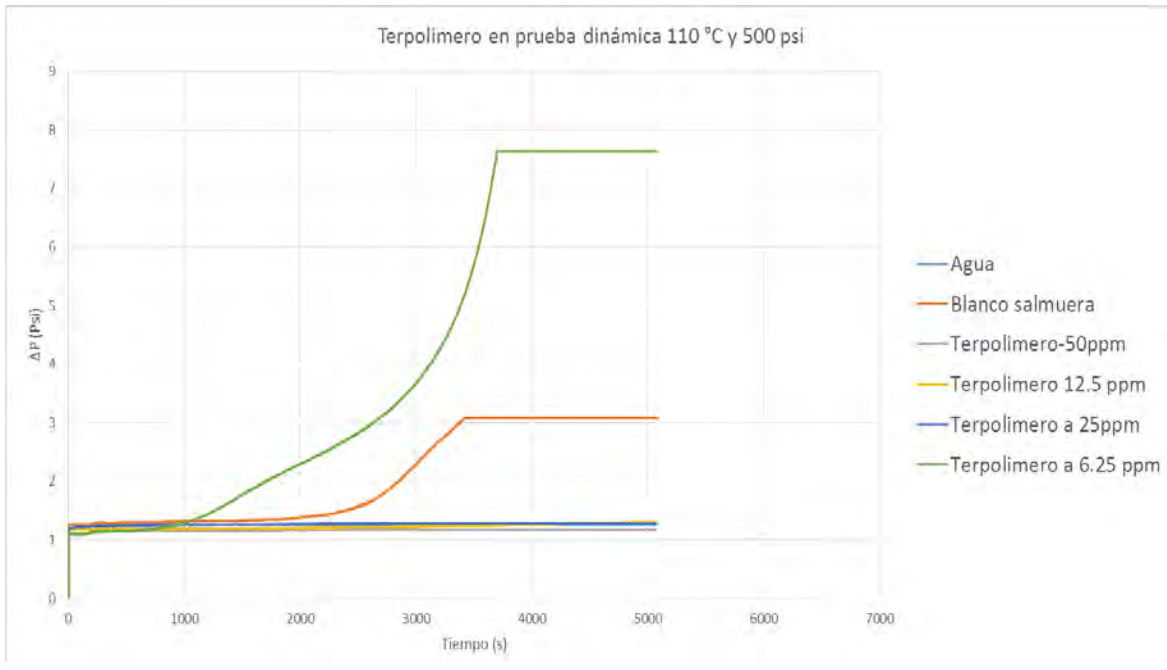
Por lo tanto, puede concluirse que el terpolímero es más a fin al ion estroncio que a los iones bario. Basados en estos resultados y siendo que ambos productos fueron eficientes para mejorar la dispersión en sistemas incrustantes del sulfato de bario y sulfato de estroncio se modeló la interacción a nivel molecular del copolímero como estructura representativa de un producto anti incrustante con fases minerales representativas de sulfato de bario y sulfato de estroncio para demostrar la afinidad del producto hacia iones estroncio o bario y los resultados se presentan a continuación.

Cálculos de simulación molecular empleando el software Hyperchem

En esta etapa de resultados se explicó a nivel molecular el desempeño del producto anti incrustante que mejores resultados mostró en la evaluación experimental, en este caso el copolímero IMP ESIM 2000. Aunque el Terpolimero aleatorio mostró un buen desempeño como anti incrustante su ventaja radica en su tolerancia a la temperatura (Pons Jimenez et al., 2018).

Estudio de la incompatibilidad de salmuera incrustante en Ba⁺² y Sr⁺² en presencia y ausencia de producto químico en el equipo analizador de fases incrustantes
 Derivados de los experimentos en condición estática en la sección anterior fue posible establecer los rangos o dosis de producto a evaluar de 6.25 ppm a 50 ppm para ambos productos.

Grafica 2. Resultados de evaluación de incompatibilidad de la salmuera aditivada y sin aditivar con el terpolimero



Los resultados de evaluar el sistema de salmuera incompatible en presencia y ausencia del terpolímero a diferentes dosis se presentan en la Grafica 2.

En un primer caso se observa que la referencia ΔP que proporciona el transductor de presión cuando sólo agua desionizada se hace pasar a través del loop de incrustación es de 1 psi durante al menos una hora de duración de la prueba (línea base en color azul del gráfico en Grafica 2). Establecida la condición del blanco o referencia para la salmuera incrustante, se procedió a efectuar las pruebas aditivando producto químico terpolimero a la salmuera aniónica como se describió en la metodología y los resultados fueron cercanos a mantener la caída de presión en 1 psi para concentraciones de 12, 25 y 50 ppm el terpolímero durante una hora que duró cada prueba, mientras que a la concentración de 6.5 ppm a los 20 minutos de duración de la prueba se observó un incremento en ΔP dando lugar a una

obstrucción en el loop de incrustación, siendo que a esta concentración el terpolimero no será eficiente para prevenir las incrustaciones en el sistema incompatible estudiado

Tomando como base lo demostrado en secciones anteriores para los sistemas de sulfato de estroncio y sulfato de bario donde se encontró que el terpolimero no tiene gran afinidad a sistemas incompatibles de BaSO_4 desde concentraciones de 50 ppm, en el caso de esta salmuera incrustante la concentración del ion bario reportada en la Tabla 10 es precisamente 50 ppm por lo que la baja efectividad del terpolimero a la concentración de 6.5 ppm es atribuible a la existencia de la concentración de bario existente y a la que este producto presentó poca afinidad en el sistema de referencia de BaSO_4 . En condiciones dinámicas para este sistema incompatible de salmueras, se demuestra la efectividad dos productos de tecnología IMP para un escenario de concentración específico y la elección de un producto u otro dependerá de las condiciones de temperatura, presión además de la composición.

CONCLUSIONES

En los últimos años, se han realizado importantes estudios para el control o tratamiento de incrustaciones minerales, algunos artículos o libros tienen acceso a una variedad de productos químicos para eliminar las incrustaciones e impedir su desarrollo sin embargo es necesario evaluar las condiciones que afectan el desempeño de productos antiincrustantes en lo que respecta a condiciones termodinámicas como la temperatura y la presión.

A lo largo del trabajo se evaluaron dos importantes minerales Ba^{2+} y Sr^{2+} que ocasionan precipitación por BaSO_4 y SrSO_4 en condiciones estáticas que proporcionaron información importante para las condiciones de evaluación de productos químicos antiincrustantes de tecnología IMP estáticas que sirvieron de base fundamental para establecer un diseño de experimento al analizar un sistema de salmuera incompatible en condiciones dinámicas con y sin la presencia de productos químicos. De acuerdo con la Revisión del estado del arte estas fases minerales incrustantes son muy poco reportadas en cuanto a las concentraciones

iónicas para inducir su precipitación, por esta razón los resultados aportan nociones importantes de condiciones experimentales para inducir la precipitación y evitar el problema en condiciones representativas de la incompatibilidad que se presenta en sistemas acuosos en la industria petrolera. Se demostró que el copolímero IMP ESIM 2000 ofrece ventajas significativas para prevenir incrustaciones por sulfato de bario y sulfato de estroncio, mientras que para el terpolimero de tecnología IMP su principal ventaja radica en la tolerancia a la temperatura y su mayor afinidad para secuestrar iones y prevenir la formación de precipitación mineral es hacia sistemas incrustantes en SrSO_4 . La elección particular de cada uno dependerá de las necesidades en la aplicación industrial en donde sea necesario evitar la precipitación por presencia de salmueras incompatibles y los cálculos de simulación molecular como se demostró en este trabajo son una excelente herramienta de validación al mecanismo de desempeño molecular que se observa experimentalmente para productos anti incrustantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Crabtree, M., Eslinger D., & Fletcher, P. (1999). La Lucha Contra las Incrustaciones-Remoción y Prevención. Oilfield Review, Recuperacion en 2015.
- Allinger, N. L. (2010). Molecular structure: understanding steric and electronic effects from molecular mechanics. Singapore.
- Amer Badr , B. (2012). Inhibition of Barium Sulfate Scale at High-Barium Formation Water. Journal of Petroleum Science and Engineering .
- Calderón cruz, Maria Isabel (2020). Estudio de la formación y prevención de incrustaciones minerales de BaSO₄ y SrSO₄ en condiciones representativas de incompatibilidad que se presenta en campos petroleros. Tesis.
- Binmerdhah Badr, A. (2010). Inhibition of Calcium Sulfate and Strontium Sulfate Scale in Waterflood.
- Case , L. (1955). Origin and current usage of the term, “connate water”. American Association of Petroleum Geologists.
- Chandler Engineering. (2014). Dynamic Scale Formation System Operating Manual. Revision A. Chandler Engineering Company.
- Chang, R. (1992). Química. México : McGraw Hill Interamericana
- Crabtree M., Eslinger D., Fletcher P., Miller M., Johnson A., & King G. (s.f.). La lucha contra las incrustaciones-Remoción y prevención. Oilfield Review.
- CTEP, C. I. (2019). Formato de Instructivo Técnico del equipo analizador de fases incrustantes. Laboratorio de Fluidos de Perforación, Terminación y Cementación de Pozos.
- Dávila Gonzalez, V. (2011). Compuesto estabilizado eliminador e inhibidor de incrustaciones en tuberías. Geo Estratos, S.A de C.V.
- Espinosa Rivera, J. (2015.). Combate exitoso de incrustaciones minerales en el sistema de ductos de los Activos de Producción Samaria-Luna y Macuspana Muspac, (campos petroleros Tizón, Cráter y Costero).
- Hernández A., R. (2010). Desarrollo de productos químicos multifuncionales con aplicación potencial en la solución de problemáticas de corrosión, incrustación, asfaltenos y recuperación mejorada de hidrocarburos que se presentan en la industria petrolera. Tesis de Doctorado en Ciencias. Instituto Mexicano del Petróleo.

- Martínez, F. J. (2014). Estudio del efecto de la formación de incrustaciones minerales en el aparejo de producción sobre el comportamiento de pozos productores de aceite. Recuperado de Tesis.
- Pons Jiménez , M., Hernández Altamirano, R., Martínez Magadán, J., Ramírez Estrada, A., & Zamudio Rivera, L. (2018). Method for obtaining random Terpolymers derived from itaconic acid and aconitic acid, and/or the Isomers Thereof, and/or sodium alkenyl sulphonates, and use of the resulting product. Patente en Europa EP 3124510 B1.
- Pons Jimenez, M. (2010). Estudio de la formación de incrustaciones minerales en la producción de hidrocarburos y de su inhibición y dispersión mediante la aplicación de productos químicos. Distrito Federal, Mexico.
- Pons Jimenez, M., Henandez Altamirano, R., Cisneros Dévora , R., Buenrostro González, E., Oviedo Roa , R., Martinez Madagán , J., & Rivera Zamudio , L. (2014). Theoretical and experimental insights into the control of calcium sulfate scales by using random copolymers based on itaconic acid. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/fuel.
- Robles-López C.A., P.-J. M.-C.-L.-R. (2014). Extracción de Hidrocarburos y compuestos derivados del petróleo en suelos orgánicos contaminados con crudos mexicanos. Investigación y Posgrado.
- TM0374, N. (2007). Laboratory Screening Test to Determine the Ability of Scale Inhibitors to Prevent the Precipitation of Calcium Sulfate and Calcium Carbonate from Solution (For Oil and Gas Production System).

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.
COLONIA TABACALERA
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (607-8617)
Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 200
Presentación en medio electrónico digital: Cd-Rom formato PDF 9.3 MB
Fecha de aparición 26/11/2020
ISBN 978-607-8617-85-2

Derechos Reservados © Prohibida la reproducción total o parcial de este libro en cualquier forma o medio sin permiso escrito de la editorial.

INNOVACIÓN BIOTECNOLOGIA I

COORDINADORES

Adolfo Ramírez Román, Jorge Bedolla Hernández, José Carlos Pérez Mora, Juan José Maldonado García, Pablo de la Llave Marcial.

AUTORES

Abraham Castillo González, Adahi Contreras Flores, Adalid Graciano Obeso, Adolfo Ramírez Román, Aidé Hernández Hernández, Alfredo Alberto Gonzalez Reyes, Ángel Suárez Álvarez, Brisa Berenice Villegas Malagón, Carlos Darío Criollo Cerecero, César Iván Velázquez Cereceres, Félix David Murillo Cuevas, Grace Erandy Báez Hernández, Gregorio Pollorena López, Haydee Nancy Alvarado Romero, Irma Alejandra Corona Salinas, Jacel Adame García, Jaret Abigail López Rodríguez, Jazmín Villegas Narváez, Jorge Bedolla Hernández, José Antonio Fernández Viveros, Jose Carlos Gomez Quevedo, José Carlos Pérez Mora, Juan José Maldonado García, Luis Alberto Montes Gutiérrez, Luis Alberto Rodríguez Rodríguez, Luis de Jesús Montero García, Marcos Bedolla Hernández, María Isabel Calderón Cruz, Martín Márquez Espinoza, Miriam Jiménez Celis, Mirna de Jesús Ojeda Arana, Mirna Pons Jimenes, Olga Yaneth Chang Espinosa, Oscar Torres Monfil, Pablo de la Llave Marcial, Salvador Paredes Rincón, Saul Garces Mejia, Vicente Flores Lara, Victor Velázquez Mendoza, Viridiana Humarán Sarmiento, Yesenia Netzahual Acoltzi.



ISBN: 978-607-8617-85-2

