

ISSN 2523-6792

Volumen 1, Número 2 — Abril — Junio - 2017

Revista de la Invención Técnica

ECORFAN[®]



ECORFAN-Taiwán

Indización

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

ECORFAN-Taiwán

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Edición de Logística

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de la Invención Técnica, Volumen 1, Número 2, de Abril a Junio 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-6792. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Invención Técnica.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está *Mejoramiento del flujo de proceso en el armado de puertas de acero* por HERNÁNDEZ-CASTILLO, Víctor Alonso, MEZA-GARCÍA, Nicolás, GARCÍA-TORRES, Alicia y ARCIBAR-RAMÍREZ, Elizabeth con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Mejoramiento del flujo del proceso en el armado de ventanas de aluminio* por VILLASANA-MARTÍNEZ, Mayra María, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Heriberto, GARCÍA-TORRES, Alicia y DELGADO-GALLARDO, África Sol con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Determinación de las condiciones de germinación y crecimiento hidropónico de especies aromáticas de la región de Guanajuato* por CARRILLO-LANDELL Felipe Guadalupe, AGUILERA-RODRÍGUEZ Natalia, RUIZ-NAVA Luis Fernando y SÁNCHEZ-RAMOS Sanjuana con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Desarrollo de estaciones de trabajo en la implementación de células de manufactura* por CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe, MUÑOZ-LÓPEZ, Luis Enrique, FLORES-BARRAGAN, Juan Luis y NIETO-GARCÍA, Víctor Manuel con adscripción en la Universidad Tecnológica de Chihuahua, como siguiente artículo está *Determinación de la dosis de fertilización adecuada para producción en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. var. *annuum* L), de un fertilizante foliar elaborado a partir de desechos orgánicos* por ZÚÑIGA-MALDONADO, Walter Manuel, MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ARROYO-LEÓN, Jesús y LEZAMA-PÉREZ, Paulina Janet con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, como siguiente artículo está *Películas delgadas de SnS dopadas con Cu,Se para aplicaciones fotovoltaicas* por GONZÁLEZ-GARZA, Jorge Oswaldo, GARCÍA-QUIÑÓNEZ, Linda Viviana, GARCÍA-GUILLEN, Grisel y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, Cristian con adscripción en la Universidad Politécnica de García y la Universidad Politécnica de Apodaca, como siguiente artículo está *Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, Poaceae) en Jalisco* por JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel con adscripción en la Universidad de Guadalajara

Contenido

Artículo	Página
Mejoramiento del flujo de proceso en el armado de puertas de acero HERNÁNDEZ-CASTILLO, Víctor Alonso, MEZA-GARCÍA, Nicolás, GARCÍA-TORRES, Alicia y ARCIBAR-RAMÍREZ, Elizabeth	1-7
Mejoramiento del flujo del proceso en el armado de ventanas de aluminio VILLASANA-MARTÍNEZ, Mayra María, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Heriberto, GARCÍA-TORRES, Alicia y DELGADO-GALLARDO, África Sol	8-13
Determinación de las condiciones de germinación y crecimiento hidropónico de especies aromáticas de la región de Guanajuato CARRILLO-LANDELL Felipe Guadalupe, AGUILERA-RODRÍGUEZ Natalia, RUIZ-NAVA Luis Fernando y SÁNCHEZ-RAMOS Sanjuana	14-24
Desarrollo de estaciones de trabajo en la implementación de celulas de manufactura CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe, MUÑOZ-LÓPEZ, Luis Enrique, FLORES-BARRAGAN, Juan Luis y NIETO-GARCÍA, Víctor Manuel	25-32
Determinación de la dosis de fertilización adecuada para producción en chile jalapeño (<i>Capsicum annuum L. var. annuum L.</i>), de un fertilizante foliar elaborado a partir de desechos orgánicos ZÚÑIGA-MALDONADO, Walter Manuel, MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ARROYO-LEÓN, Jesús y LEZAMA-PÉREZ, Paulina Janet	33-39
Películas delgadas de SnS dopadas con Cu,Se para aplicaciones fotovoltaicas GONZÁLEZ-GARZA, Jorge Oswaldo, GARCÍA-QUIÑÓNEZ, Linda Viviana, GARCÍA-GUILLEN, Grisel y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, Cristian	40-47
Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (<i>Sorghum bicolor L. Moench, Poaceae</i>) en Jalisco JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel	48-58

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Mejoramiento del flujo de proceso en el armado de puertas de acero

HERNÁNDEZ-CASTILLO, Víctor Alonso*†, MEZA-GARCÍA, Nicolás, GARCÍA-TORRES, Alicia y ARCIBAR-RAMÍREZ, Elizabeth

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato - Silao Km. 12.5, C.P. 36821 Irapuato, Guanajuato, México

Recibido 2 de Abril, 2017; Aceptado 8 de Junio, 2017

Resumen

Debido a los constantes cambios y a la creciente competitividad entre las empresas es importante contar con un proceso que sea capaz de cubrir en tiempo y forma la demanda de los clientes para que estos queden satisfechos. La presente investigación fue realizada en una empresa metalmecánica de fabricación de cerramientos habitacionales, en la línea de puertas de acero. Se emplearon herramientas de diagnóstico tales como el mapeo de cadena de valor y diagrama de flujo de proceso en la identificación de desperdicios. Este artículo describe la metodología empleada para el mejoramiento del flujo de producción en el área y dar cumplimiento a los clientes utilizando las herramientas de manufactura esbelta. Los resultados obtenidos a través de la implementación fueron una reducción de un 9 % en el tiempo de respuesta del producto, se reubicaron 2 operadores, una reducción del 9,8% de inventario en proceso y se disponen actualmente de 380 m² de espacio disponible para futuros proyectos. El presente estudio servirá como base para efectuar el mejoramiento en las sucesivas líneas y de otras empresas que tengan el objetivo de optimizar sus recursos y generar mayor flujo de proceso.

Productividad, Flujo de proceso, Manufactura esbelta

Abstract

Due to the constant changes and increasing competitiveness between companies, it is important to have a process that is able to know the demand of customers in a timely manner so that they are satisfied. The present investigation was carried out in a metalworking company of manufacture of residential enclosures, in the line of steel doors. Diagnostic tools such as value chain mapping and process flowchart were used in the identification of wastes. This article describes the methodology used to improve the flow of production in the area and to fulfill customers using the lean manufacturing tools. The results obtained through the implementation were a reduction of 9% in product response time, 2 operators were relocated, a 9.8% reduction in inventory in process and 380 m² of available space is currently available for future projects. This study will serve as a base to improve the successive lines and other companies that have as objective of optimizing their resources and generate greater flow of process.

Productivity, Process flow, Lean Manufacturing

Citación: HERNÁNDEZ-CASTILLO, Víctor Alonso, MEZA-GARCÍA, Nicolás, GARCÍA-TORRES, Alicia y ARCIBAR-RAMÍREZ, Elizabeth. Mejoramiento del flujo de proceso en el armado de puertas de acero. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:1-7

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alonsoh715@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un buen flujo del proceso productivo en las líneas de producción permite a las empresas cumplir con los pedidos de sus clientes en tiempo y forma, de esta manera se pueden obtener altas ganancias y tener un alto grado de eficiencia, productividad y competitividad.

La empresa en la que se realizó el proyecto se dedica a la elaboración de puertas de acero y aluminio, en una de sus líneas de puertas de acero en el periodo de Julio-Diciembre del 2016 se tuvieron 40 reclamos por incumplimiento en el tiempo de entrega acordado a los clientes, este indicador fue significativo puesto que la visión de la empresa es la satisfacción de los clientes, sin embargo al realizar un análisis se identificó que existen varias mudas en el proceso que son limitantes en su productividad. La empresa está en proceso de crecimiento lo cual implica que la carga de trabajo aumenta sin planificación previa.

En el presente trabajo se describen las acciones efectuadas para el mejoramiento de los resultados, el objetivo de este estudio es lograr que la línea de producción de puertas de acero sea capaz de cumplir con los pedidos a tiempo con la calidad especificada y al menor costo, de esta manera se estará logrando la rentabilidad y productividad deseadas, para lograr esto se pretende mejorar el flujo del proceso.

Marco Teórico

Ante la competencia global, las organizaciones tienen que enfrentarse a demostrar competitividad en los requisitos del cliente, uno de ellos es los tiempos de entrega, es por ello importante contar con un proceso que sea capaz de cubrir en tiempo y forma la demanda de los clientes para que estos queden satisfechos, de esta manera se reflejará en un alto índice de eficiencia y productividad en sus líneas de producción.

La productividad es el único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad, entonces una actividad estratégica es evaluar el rendimiento de los factores que intervienen en el proceso, por lo que las organizaciones deben adoptar medidas que garanticen el camino para mejorar sus niveles de productividad [1]. La productividad se define como una medida de la eficiencia económica que resulta de la capacidad para utilizar y combinar inteligentemente los recursos disponibles [2]. La productividad se logra organizando y gestionando adecuadamente todos los procesos de la empresa tomando en cuenta la calidad bajo la perspectiva de los principales clientes, el final, la sociedad y los trabajadores, aplicando técnicas que conduzcan al diseño y optimización de productos y procesos que eleven al máximo la relación calidad/coste y los planes de control más adecuados [3].

Un eficiente flujo del proceso productivo se logra principalmente con la reducción o eliminación total de los desperdicios o mudas, la filosofía de manufactura esbelta es un proceso continuo que busca la eliminación de dichas limitantes aumentando así los niveles de eficiencia de las líneas de producción, esta metodología se ha empezado a utilizar en algunas empresas de manufactura establecidas en México como una alternativa para mejorar la productividad y costos por su simplicidad, ya que utiliza el sentido común y trabajo en equipo, sin complicaciones matemáticas [4]. También es definida como un sistema integrado socio-tecnológico de mejoramiento de procesos, cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente, al eliminar desperdicios la calidad aumenta mientras que los tiempos y costos de producción disminuyen en muy poco tiempo [5].

Las limitantes en las empresas que impiden la competitividad se clasifican en: Sobrecarga (Muri) tal como la utilización no razonable de personal y máquinas, esfuerzo y estrés excesivo para realizar una tarea; Variabilidad (Mura), se refiere a la falta de uniformidad generada desde los elementos entrada de los procesos y Desperdicios (Muda) que se refiere a sobreproducción, sobreinventario, productos defectuosos, transporte de materiales y herramientas, procesos innecesarios, esperas, movimientos innecesarios del trabajador y talento humano no aprovechado [6].

Entre los métodos para la Manufactura esbelta se tienen: el de análisis del valor agregado, las 5S's, Kaizen Blitz, cambios rápidos (SMED), mantenimiento productivo total (TPM), el enfoque de calidad total, el de control de calidad cero, celdas de manufactura, Kanban, los de Lean aplicados a proveedores y transportes, entre otros [7]. Una de las herramientas empleadas en esta metodología para la detección de estas limitantes es el Mapeo de la Cadena de Valor, herramienta que se usa para crear mapas de flujo de información y materiales que son muy útiles para los procesos de manufactura y procesos administrativos [8].

Por tanto, para lograr resultados positivos derivados de una alta productividad, como lo son aumentar el volumen de producción, reducción de los desperdicios, aumento de utilidades, mejoramiento de la calidad, mayor competitividad, entre otros; es necesario contar con buen flujo del proceso productivo y de esta manera aumentar la capacidad del proceso de producción para cumplir con la demanda de los clientes en tiempo y forma, es por ello que resulta indispensable que las empresas consideren el Takt time ya que es un indicador que considera los requerimientos de los clientes en volumen y tiempo, se puede considerar como un simple 'marcapasos' que determina el ritmo al que se debe sincronizar el ciclo de producción [9]. Por tanto el objetivo de una organización es tener una cadena de valor que produzca un ritmo de producción a los requerimientos del cliente.

Método

El primer paso fue identificar la línea de puertas de acero que tiene más demanda y más áreas de oportunidad, debido a que no estaba establecido un sistema de medición para la obtención de los indicadores básicos de rendimiento, críticos de calidad y eficiencia el rendimiento de los recursos inmersos en el proceso no se conocía. Una vez establecidas las hojas de verificación para monitorear los indicadores se realizó el diagnóstico de la situación actual a través de un mapeo de la cadena de valor de escenario actual, con el objetivo de identificar el flujo del proceso, las mudas, el lead time, el personal; Adicional se realizó un análisis sistemático empleando el diagrama de flujo y un análisis de valor agregado, Finalmente se completó la información con entrevistas a los supervisores de línea y operadores.

Para la identificación de la causa raíz, se empleó la herramienta de 5 W y diagrama de Ishikawa, Finalmente para la solución de los problemas se enumera las acciones.

- Redistribución de planta
- Obtención de los tiempos estándares de las operaciones
- Balanceo de la línea metodología propuesta por Niebel & Freivalds (2009) y de tak time
- La implementación de hojas estándares de operación

Resultados

Al realizar el diagnóstico de la línea de puertas de acero a través del mapeo de la cadena de valor, diagrama de flujo y análisis de valor agregado de las operaciones, se identificó que había significativos problemas que limitaban el flujo de proceso y que en conjunto impactaban directamente en que las piezas requeridas por los clientes no se entregaban en las fechas acordadas, Se muestran los indicadores más significativos en la tabla 1.

Basado en el análisis para la identificación de la causa raíz de los problemas y mejorar el flujo de proceso se determinó en primera instancia realizar una redistribución de planta, ya que tiene como objetivo el de hallar una ordenación de las áreas de trabajo y el equipo que resulte la más económica para llevar a cabo el proceso productivo en las instalaciones, en base a los estudios de Gutiérrez, el método Systematic Layout Planning (SLP) es pertinente [10].

Diagnóstico	
Unidades Prod/día	300 unidades
Operadores	33
Inventarios en proceso	9174
Operaciones que no agregan valor	16
Transportes	27 556,3m
Lead time	24,9 días
m2 ocupados en piso	1342,51 m2
Paros totales	193 hrs/5 meses
Reclamaciones de clientes	40 en 5 meses
Reprocesos en operación de soldadura	100 %

Tabla 1 Resumen del diagnóstico de la línea

Una de las tareas fue la de realizar el diagrama de relaciones, que tiene como finalidad la de identificar los órdenes de proximidad de cada área, teniendo como meta el flujo rápido del proceso productivo al reducir la distancia de recorrido, ver Figura 1

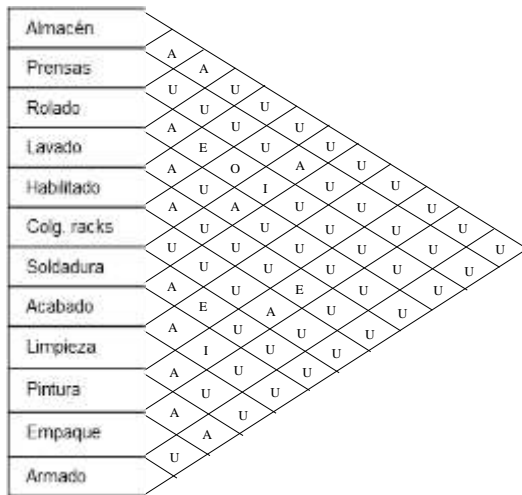


Figura 1 Diagrama de relaciones

Basada en los siguientes valores de proximidad se establecieron las relaciones del diagrama.

Relación	Valores más cercanos
Absolutamente necesario	A
Especialmente importante	E
Importante	I
Ordinario	O
Sin importancia	U
No deseable	X

Tabla 2 Valores de relación del SLP.

Para el desarrollo de la nueva distribución de planta, se consideró la reubicación de 2 estaciones, Ver Figura 2.

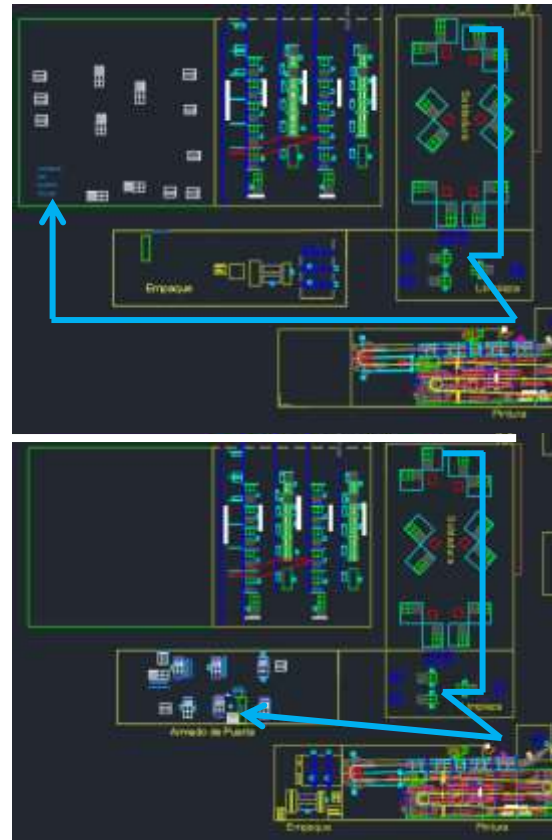


Figura 2 Distribución anterior (superior) y actual (inferior)

Como se observa en la distribución se logró reducir la distancia al efectuar la reubicación de las estaciones, adicional de aplicar los resultados de la metodología SLP por lo que el flujo del proceso sigue en línea recta.

Posteriormente se procede a realizar el balanceo de la línea, en el que para establecer los tiempos estándares de las operaciones del proceso en el área de acero se empleó el método por muestreo utilizando la metodología de García Criollo, 2005 [11]. La selección del operario se tomó de acuerdo a una matriz de habilidades previamente elaborada.

Para determinar el número de estaciones necesarias, para el área de armado se utilizó la metodología propuesta por Niebel & Freivalds, 2009 [12].

$$T_c = \frac{T_d}{T_p} = \frac{60 \text{ min/hr}}{33,33 \text{ pzas/hr}} = 1,8 \quad (1)$$

Número de estaciones

$$N^\circ E = \frac{TA}{T_c} = \frac{11,62}{1,8} = 6,4 \approx 6 \quad (2)$$

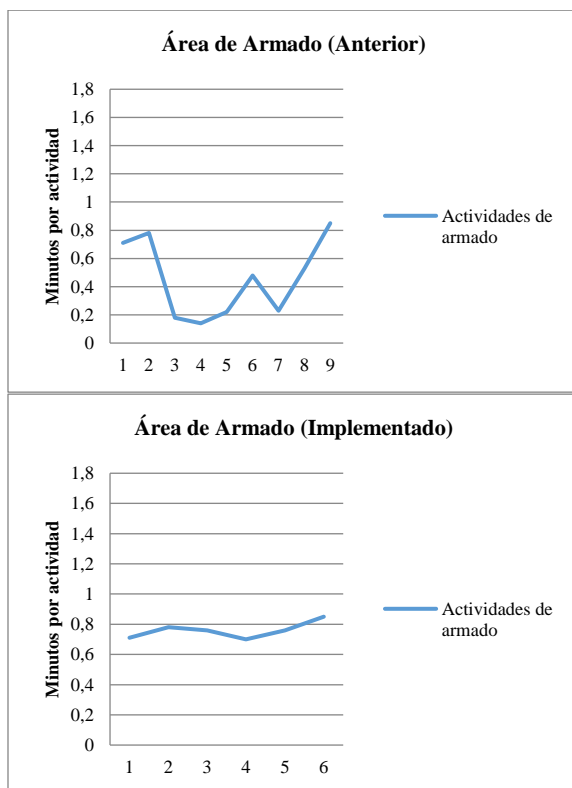


Figura 3 Nivelación de operaciones de área de armado

En la Figura 3 se observan las operaciones niveladas, solo del área de armado para mostrar la nivelación, en un escenario antes y un actual. Como se puede apreciar las operaciones fueron niveladas de acuerdo a los requisitos del cliente, eliminando los picos de producción que afectan los inventarios.

Otra de las acciones significativas realizadas para la eliminación de los reprocesos en la operación de soldadura fue la identificar la causa raíz, se aplicó un diagrama de Ishikawa en el que fue analizado cada factor que interviene en el proceso y se concluyó que la causa raíz era la incorrecta programación del robot, debido a la falta de competencias del técnico en mantenimiento, para ello fue contratado un programador y se le solicitó la realización del manual para programación así como una capacitación al personal de mantenimiento, adicional se implementó el muestreo para el control estadístico de las piezas soldadas.

El realizar este proyecto en el área de puertas de acero trajo consigo resultados favorables para la empresa, se estableció un estándar de tiempo a cada operación que se lleva a cabo en la línea, se reubicaron 2 operadores del área de armado, la reducción de 9,8% del inventario, se redujo un 17.7 % los metros recorridos a lo largo del flujo, se redujo un 9 % el tiempo de respuesta del producto, adicional se disponen actualmente de 380 m² de espacio disponible para futuros proyectos y la reducción del 80% de los retrabajos.

Conclusiones

Las herramientas brindadas por la metodología manufactura esbelta y de ingeniería son empleadas principalmente para la resolución de problemas relacionados con la productividad y la eficiencia de una organización. Para la presente investigación fueron de gran utilidad ya que la metodología desarrollada facilitó en gran medida el cumplimiento de la problemática existente, debido a que el flujo del proceso productivo se mejoró a través de la eliminación de las mudas existentes.

Por lo que en las iniciativas de mejoramiento es fundamental considerar las herramientas de manufactura esbelta y de ingeniería ya que conducirá a mejoras significativas.

Referencias

- [1] Peña P., W. Y., & Mendoza, G., “Plan de reducción de desperdicios de materia prima para mejorar la productividad de una empresa fabricante de revestimientos”, LACCEI, pp. 1-11, 2009.
- [2] Rodríguez Carlos, “El nuevo escenario: la cultura de calidad y productividad en las empresas”, ITESO, pág. 22, 1999
- [3] Fernández Ricardo 2013, “La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa”, Editorial Club Universitario, pág. 11
- [4] Mora Enrique, Castillo Alejandro, “Manufactura Esbelta: La experiencia mexicana”, Revista Manufactura, Grupo Editorial Expansión, año 1, número 72, México, pp. 90, junio 2001.
- [5] Tejada, Anne Sophie, “Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos”, Ciencia y Sociedad, vol. XXXVI, núm. 2, pp. 276-310, abril-junio, 2011.
- [6] Socconini, L., Lean Manufacturing Paso a Paso (Vol. 1). Estado de México, Tlalnepantla, México: Norma Ediciones, S.A. de C.V., 2008. Recuperado el 14 de Marzo de 2017
- [7] Reyes Primitivo, “Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones”, Contaduría y Administración, núm. 205, pp. 54 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México, abril-junio, 2002.
- [8] González Torres, A., & Velázquez Reyes, S. M., “Mapa de cadena de valor implementado en la empresa Agronopal ubicada en el D.F”. Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán., 16(1), pp. 51-57, 2012.
- [9] Gudiño González, Guillermo Rafael; Cedillo-Campos, Miguel Gastón, “Diseño de un sistema de producción específico para operaciones en mercados emergentes”, Interciencia, vol. 36, núm. 6, pp. 456-462, junio, 2011.
- [10] Gutiérrez Villegas, J. T., Silva Ríos, M. L., Torres Cortes, D. A., & Luna Escobar, N., “Aplicación del método Systematic Layout Planning en el rediseño de una distribución de panta en una empresa maderera de la región sur del estado de Chihuahua”, Journals, 7(2), pp. 492-497, 2015.
- [11] García Criollo, R., Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo (Segunda ed.). McGraw Hill, 2005.
- [12] W. Niebel, B., & Freivalds, A., Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. McGraw Hill, 2009

Mejoramiento del flujo del proceso en el armado de ventanas de aluminio

VILLASANA-MARTÍNEZ, Mayra María†, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Heriberto, GARCÍA-TORRES, Alicia y DELGADO-GALLARDO, África Sol

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Guanajuato, México. Carr. Irapuato - Silao, El Copal, 36821 Irapuato, Gto.

Recibido 3 de Abril, 2017; Aceptado 2 de Junio, 2017

Resumen

Una de las características de competitividad organizacional es la oportunidad de mejora en los tiempos de entrega de los productos, con la calidad requerida por los clientes obtenidos, al mínimo costo, el flujo de proceso en las áreas se vuelve entonces determinante para la competitividad. La presente investigación fue desarrollada en una empresa de fabricación de cancelería de aluminio, acero y cristal, la identificación del caso fue que en 2016 se tuvo 31 reclamos por retraso de entregas a clientes en una de las líneas de ventanas. Se emplearon herramientas de diagnóstico tales como el diagrama de flujo y mapeo de proceso, encontrando áreas significativas de oportunidad tales como los paros de 248.41 horas en los últimos cinco meses, 27 actividades que no agregan valor y 240.9 m. de transporte, entre otros. Este artículo presenta la descripción de cada etapa para mejorar el flujo de producción en el área y dar cumplimiento a los clientes utilizando las herramientas de manufactura esbelta. Los resultados obtenidos a través de la implementación de las etapas fue un aumento a la producción de 23.12%, así como una disminución de 38.24% de transporte del proceso y un 40.04% de reducción en el inventario en proceso. El presente estudio servirá como base para efectuar el mejoramiento en las sucesivas líneas y de otras empresas que tengan el objetivo de optimizar sus recursos y generar mayor flujo de proceso.

Productividad, Manufactura esbelta, Flujo del proceso

Citación: VILLASANA-MARTÍNEZ, Mayra María, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Heriberto, GARCÍA-TORRES, Alicia y DELGADO-GALLARDO, África Sol. Mejoramiento del flujo del proceso en el armado de ventanas de aluminio. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:8-13

Abstract

One of the characteristics of organizational competitiveness is the opportunity to improve the delivery times of the products, with the quality required by the customers obtained, at a minimum cost, the process flow in the areas then becomes decisive for competitiveness. The present investigation was carried out in a company manufacturing aluminum, steel and glass cancellation, the identification of the case was that in 2016 there were 31 claims for delayed deliveries to customers in one of the line of windows, diagnostic tools were used Such as flow mapping and process mapping, finding significant areas of opportunity such as 248.41 hour work stoppages in the last five months, 27 activities that do not add value, and 240.9 m. Transportation, among others. This article presents the description of each stage to improve the flow of production in the area and to fulfill the customers using the tools of lean manufacturing. The results obtained through the implementation of the stages were an increase to the production of 18.7%, as well as a reduction of 38.39% of transport of the process and a 40.04% reduction in the inventory in process. The present study will serve as a basis to improve the successive lines and other companies that have the objective of optimizing their resources and generate greater flow of process.

Productivity, Lean manufacturing

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Aumentar la productividad en la actualidad se considera una estrategia que determina la competitividad de las empresas de clase mundial, la única forma para que una empresa aumente sus ganancias es mediante el aumento de su productividad y mejora de sus procesos, en los últimos años Estados Unidos ha tenido la productividad más alta del mundo y eso le ha permitido posicionarse dentro de los países con mejor economía a nivel mundial de acuerdo a los últimos datos publicados por la OCDE en mayo del presente año [1].

Una empresa que considera herramientas para mejorar la productividad dentro de sus áreas obtendrá un aumento de sus ganancias, mejoramiento del flujo de material, eliminación de desperdicios que no agregan valor al producto final, así como la optimización de sus recursos, disminuyendo tiempos ociosos, tiempos de paro de línea, incumplimiento de requerimientos al cliente y desperdicios de material.

La presente investigación se desarrolló dentro de una empresa metalmecánica dedicada a la fabricación de cancelería de aluminio, acero y cristal para aplicar herramientas de ingeniería que optimicen el flujo de sus procesos, aumente su productividad y por ende sus ganancias. Para la organización es de vital importancia lograr la satisfacción total de sus clientes, así como cumplir con los requerimientos de sus pedidos en tiempo y forma, considerando que abastecen las ordenes de acuerdo a la fecha de pedido más próxima, sin embargo, en el periodo de Agosto a Diciembre del año 2016 se tuvo un total de 31 reclamos por retraso de entregas por parte de los clientes principales en la línea de aluminio en la fabricación de ventanas, 6894 piezas en proceso, 49.68 horas/mes derivado de problemas internos del área, principalmente.

El objetivo de la investigación es mejorar el flujo del proceso productivo de armado de ventanas en el área de aluminio, eficientando el funcionamiento de su línea de producción.

Marco Teórico

Una meta estratégica de las organizaciones es el mejoramiento de la productividad como estrategia de posicionamiento de mercado, la productividad es el principal factor que conduce al crecimiento y los niveles de ingresos dentro de cualquier organización o sistema [2]. El nivel de rentabilidad de las unidades estratégicas de negocios es ahora un reto, las empresas usan los indicadores de productividad como medida clave del rendimiento de sus procesos [3], es por esta razón que se considera que hoy en día las empresas manufactureras se encuentran ante la necesidad de replantear y rediseñar sus sistemas productivos con la finalidad de alcanzar la competitividad para afrontar los retos de los mercados actuales [4]. Por ello es importante que las organizaciones implementen herramientas prácticas que apoyen el proceso de rediseño de sus procesos productivos para alcanzar un nivel de competitividad mayor al que el mercado le exige.

Uno de los principales objetivos de la manufactura esbelta es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios en la industria, ya que diariamente reducen la capacidad de las empresas, esta filosofía de trabajo que propone obtener mayores beneficios utilizando menos recursos, y así mismo evitando despilfarros que existen en cualquier proceso o sistema productivo [5]. los ingenieros japoneses atribuyen al encargado el papel de responsable de la eliminación de las 3 "Mu". La primera, *Muri* o *Sobrecarga* y *Muda* o *Desperdicio*.

Teniendo establecido estas tres clasificaciones de lo que puede afectar en la productividad de una empresa surge la necesidad de desarrollar y/o implementar herramientas para la detección de problemas y posteriormente dar soluciones óptimas para mejorar la productividad [6].

Una de las herramientas que se implementan en el desarrollo de este proyecto, es el Mapeo de la cadena de valor (en inglés, *Value Stream Mapping o VSM*) y que dicha herramienta fue desarrollada en la filosofía de manufactura esbelta [7].

Metodología y desarrollo

Para diagnosticar el estado actual del proceso de armado de ventanas en el área de aluminio de la empresa, la investigación se enfocó a la línea de 1 ½”, la cual consta de las siguientes actividades: Corte, Troquelado-Habilitado, Armado, Sellado, Envinilado y Flejado. Para detectar áreas de mejora, se llevó a cabo un mapeo de la cadena de valor con el objetivo de identificar el actual flujo del proceso, los recursos y eficiencias, así mismo se elaboró un diagrama de flujo para detectar la cantidad de transportes en el proceso, distancia total recorrida y actividades que no agregan valor al producto final, se elaboró una distribución de planta actual para verificar el acomodo de las áreas y finalmente se realizaron entrevistas a supervisores y operarios para complementar la información del desempeño actual de la línea.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la aplicación de estas herramientas de diagnóstico, considerando solo los aspectos significativos del desempeño de la línea.

A través de análisis, se detectó que el proceso no seguía un flujo adecuado, específicamente en el área de troquelado debido a que la distribución de los troqueles estaban sin orden alguno, ocasionando transportes innecesarios para los operadores, de los 240.99 metros de recorrido por ventana 216.37 se realizan en el área de Troquelado. Otro de los hallazgos fue en el almacén de habilitado, y era una obstrucción generada por una gran cantidad de carritos contenedores de material que no eran utilizados, por lo que se realizó un conteo ya que estos obstruían el flujo del proceso, en la Figura 1 se puede observar el área de troquelado y habilitado, en esta área se puede identificar la ubicación de los carritos (azul claro - carritos ocupados, azul fuerte – carritos sin usar), se muestra la distribución en la cual se ubican los puntos críticos antes mencionados, ver Figura 1.

Diagnostico	
Aspectos críticos	Estado
Requerimientos del cliente	1500 piezas/día
Producción	800 piezas/ día
Jornada laboral	9 horas disponibles
Nivel de inventario	6894 piezas en proceso.
Operadores	35
Actividades que no agregan valor	27 actividades
Cantidad de transportes	24 transportes
Distancia recorrida	240.99 m/ventana
Dimensiones de la línea	800 m ²
Lead time	61.01 horas
Paros totales	49.68 horas/mes
Reclamos del cliente	8 reclamos/mes
Carritos para colocación de piezas en proceso	94
Cantidad de carritos sin usar	57

Tabla 1 Resumen del Diagnóstico.

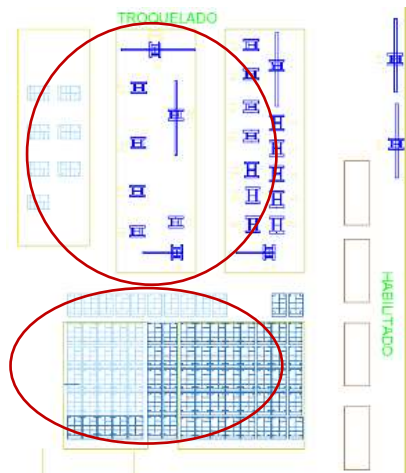


Figura 1 Distribución de troquelado y habilitado

Mediante el análisis de los indicadores de la línea, se procedió a identificar la causa raíz de las limitaciones del flujo del proceso, para ello se empleó la herramienta de 5 ¿por qué?, ver Tabla 2

31 reclamos por retraso de entregas a clientes.	
¿Por qué?	Porque la línea no satisface los requerimientos en tiempo.
¿Por qué?	Porque no existe un buen flujo del proceso.
¿Por qué?	Porque el flujo del proceso tiene muda de transporte principalmente así como otras mudas.
¿Por qué?	Porque tiene una mala distribución en la línea.
¿Por qué?	Porque no se hizo una planeación y diseño de instalaciones previo al acomodo de la línea.

Tabla 2 Desarrollo de 5 por qué

Como se puede observar derivado del análisis realizado por el equipo de mejora, la causa raíz de los problemas es la distribución de la línea.

Por lo que como primera estrategia se propuso realizar una redistribución de planta para eliminar el desperdicio de distancia en los transportes, ubicando los troqueles de forma estratégica, agrupando los troqueles que tienen relación de los perfiles que se troquelean en cada uno, de tal manera que el flujo del proceso sea más eficiente, para ello se aplicó la metodología sistemática de diseño de Muther (Systematic Layout Planning), ver figura 2.

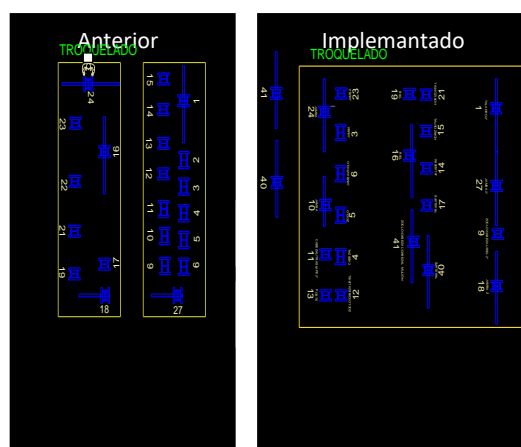


Figura 2 Distribución de troquelado

Como se puede observar el área de troqueles cambió se pudo obtener una distribución eficiente, fue considerando la necesidad de realizar los cambios rápidos de troqueles por lo que la ubicación de cada uno fue analizada, para el logro de la agilización del tiempo de respuesta del proceso.

Analizando las alternativas y evaluándolas.

Se realizó el estado propuesto del diagrama de flujo en el cual se obtuvo una disminución de distancia de 92.16 metros en el recorrido total de la distancia, se eliminaron un total de 6 demoras que no agregaban valor al producto, se hicieron propuestas adicionales para eficientar el flujo del proceso, mediante el reacomodo del área de habilitado y reasignación de almacenes, ver figura 3.

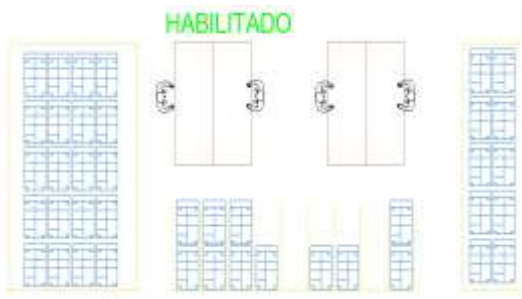


Figura 3 Distribución de habilitado

Como se observa, se reasigno el área de habilitado para darle un mayor enfoque a las actividades que agregan valor al producto final, eliminando la colocación de almacenes que solo obstruían el flujo de material a lo largo del proceso. Adicional se delimitaron espacio para almacenes acorde a perfiles específicos, para lograr una rápida identificación del material ya que el área posterior (armado) requiere 7 perfiles distintos para armar una ventana.

A continuación, se muestra el flujo del proceso actual y propuesto, de toda la línea desde la materia prima hasta la obtención de producto terminado. Como se observa se ha logrado eficientar el flujo del proceso, ver figura 4

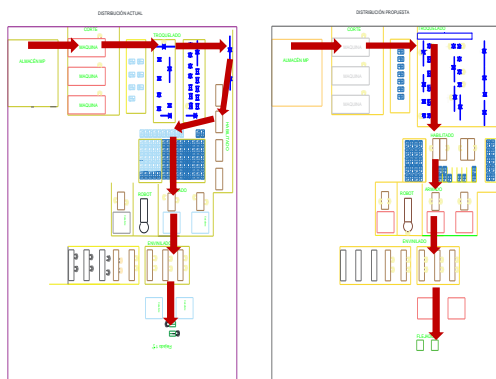


Figura 4 Flujo del proceso anterior y actual

Finalmente se realizó un balanceo de líneas considerando el Takt Time, con la metodología de Socconini para colocar de manera optima a los trabajadores, de tal manera que no estén sobradas de trabajo o se genere un cuello de botella a causa de la carga de trabajo excesiva ver figura 5. Obteniendo una reducción de 7 operadores, considerando la opción de posicionar a los operadores sobrantes en la nueva línea de la empresa.

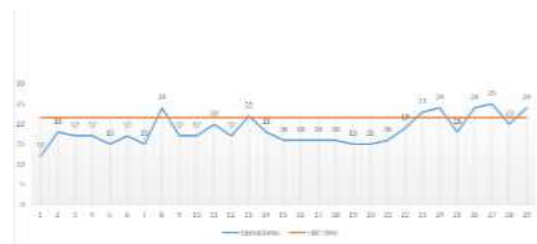


Figura 5 Nivelación de las operaciones basadas en el Takt time

Como se observa en la figura se logró la nivelación de la mayoría de las operaciones del proceso de ventanas con respecto a los requerimientos del cliente, con el objetivo de disminuir las reclamaciones del cliente por los retrasos de entrega que se presentaban en la línea.

Resultados

Los resultados de este proyecto se enfatizan en la siguiente tabla, como se observa existió un aumento de la producción del 23.12%, mientras que hubo una reducción significativa en mudas o actividades que no le agregan valor al producto.

Mejoras			
Aspectos analizados	Estado anterior	Estado propuesto	Porcentaje
Requerimientos del cliente (piezas/día)	1500	1500	
Producción (piezas/día)	800	985	Aumento del 23.12%
Jornada laboral (horas disponibles)	9	9	-
Nivel de inventario (piezas en proceso)	6894	4133	Reducción del 40.04%
Operadores	35	28	Disminuyo 20%
Actividades que no agregan valor	27	21	Reducción del 22.22%
Cantidad de transportes	24	24	-
Distancia recorrida (m/ventana armada)	240.99	148.83	Reducción del 38.24%
Dimensiones de la línea (m^2)	800	800	-
Lead time (horas)	61.01	43.99	Reducción del 27.89%
Paros totales (horas/mes)	49.68	19.02	Reducción del 61.71%
Reclamos del cliente (reclamos/mes)	8	2	Reducción del 75%
Carritos para colocación de piezas en proceso	94	30	Reducción del 68.08%
Cantidad de carritos sin usar	57	0	Reducción del 100%

Tabla 3 Resumen de resultados

Conclusiones

Implementar herramientas de manufactura esbelta para mejorar el flujo del proceso y disminuir los retrasos en los tiempos de entrega a los clientes ha resultado de gran utilidad para la organización, ayudando con la disminución de mudas existentes en el proceso que pueden ser perjudiciales en este aspecto o que puedan dar surgimiento a otros problemas de mayor gravedad. Han sido de gran importancia las mejoras implementadas ya que brindan la pauta para disminuir los problemas que se han presentado con clientes externos, además de que pueden ser beneficiosas para aumentar los niveles de competitividad que tiene la organización ante sus similares en el mercado y de esta manera lograr un constante crecimiento para consolidarse como una empresa de clase mundial.

Referencias

- [1] OCDE, O. (18 de Mayo de 2017). *OCDE*. Obtenido de Better Policies for Better Lives: <http://www.oecd.org/std/productivity-stats/>
- [2] Oliver, c. (2016). *¿Qué es la competitividad?* Ginebra: World Economic Forum .
- [3] Hernández y vizán (2013) *Lean manufacturing, técnicas e implementación*
- [4] Pérez, Jorge. “Identificación caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras.» (2011).
- [5] Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing Paso a Paso* (Doudecima ed.). Norma. Recuperado el 13 de Marzo de 2017
- [6] Tejada, A. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, 276-310.

Determinación de las condiciones de germinación y crecimiento hidropónico de especies aromáticas de la región de Guanajuato

CARRILLO-LANDELL Felipe Guadalupe†, AGUILERA-RODRÍGUEZ Natalia, RUIZ-NAVA Luis Fernando y SÁNCHEZ-RAMOS Sanjuana

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carr. Irapuato - Silao, El Copal, 36821 Irapuato, Gto.

Recibido 6 de Abril, 2017; Aceptado 9 de Junio, 2017

Resumen

El uso incontrolado de los suelos para la obtención de recursos vegetales para alimento del hombre ha ocasionado diversos daños en los mismos tales como son la erosión del suelo y la pérdida de fertilidad, lo que ha llevado a la investigación de nuevas técnicas agrícolas como lo es la agricultura ecológica. Aunque si bien, el costo de los productos agrícolas obtenidos es elevado, ésta técnica aún requiere de la rotación de cultivos. Técnicas más simples como la hidroponía ofrece múltiples ventajas, siendo las principales la reducción de costos y el aumento de la producción en espacios más pequeños. El objetivo de este trabajo fue determinar las condiciones óptimas de crecimiento y germinación para cinco especies de plantas aromáticas de la región de Guanajuato (Albahaca, Epazote, Eneldo, Orégano y Tomillo) empleando dos sistemas hidropónicos (el sistema NFT y el sistema Estático), con tres formulaciones de soluciones nutritivas (1, Estándar; 2, Estándar reducida y 3, Económica) y tres sustratos (perlita, vermiculita y fibra de coco), esto con el fin de determinar el porcentaje de germinación, altura de la planta, tamaño de la raíz y follaje con las plantas que se experimentó.

NFT, Hidroponía, Solución Nutritiva, Plantas Aromáticas

Abstract

The uncontrolled use of soils to obtain plant resources for man's food has caused a number of damages, such as soil erosion and loss of fertility, which has led to the investigation of new agricultural techniques such as organic farming. Although the cost of agricultural products obtained is high, this technique still requires crop rotation. Simpler techniques such as hydroponics offer multiple advantages, being the main ones the reduction of costs and the increase of the production in smaller spaces. The objective of this work was to determine the optimal growth and germination conditions for five species of aromatic plants from the Guanajuato region (Basil, Herb Tea, Dill, Oregano and Thyme) using two hydroponic systems (the NFT system and the Static system) with three formulations of nutrient solutions (1, Standard, 2, Reduced Standard and 3, Economical) and three substrates (perlite, vermiculite and coconut fiber), in order to determine the percentage of germination, height of the plant, size of the root and foliage with the plants which it was experimented.

NFT, Hydroponic, Nutrient Solution, Aromatic Plants

Citación: CARRILLO-LANDELL Felipe Guadalupe, AGUILERA-RODRÍGUEZ Natalia, RUIZ-NAVA Luis Fernando y SÁNCHEZ-RAMOS Sanjuana. Determinación de las condiciones de germinación y crecimiento hidropónico de especies aromáticas de la región de Guanajuato. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:14-24

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad debido al uso excesivo de fertilizantes y el mal uso de los suelos, se encuentran deteriorados gran parte de estos, los cuales son destinados a la producción agrícola. Muchas hectáreas de terreno han dejado de producir las cantidades de alimentos y recursos provenientes de la agricultura que se obtenían en años anteriores, debido a esto ha surgido la necesidad de optimizar métodos alternativos para la producción agrícola. Los cultivos hidropónicos han sido en gran medida, una muy importante opción para el desarrollo de diversas especies vegetales.

Este método es una técnica de bajo costo, permite el mejor desarrollo de las plantas, así mismo se obtiene una nutrición completa, un ahorro de espacios, no presentan contaminación, no necesita rotación de cultivos, además, permite una mejor planificación, menor consumo de agua, ahorro de tiempo, disminuye costo de mano de obra e insumos, obteniéndose con ello, productos con calidad de exportación. La hidroponía aunque es una técnica relativamente nueva en nuestro país, es una alternativa para la siembra de hortalizas, frutas y forraje para ganado en áreas limitadas (Espinosa, 2005). Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional, con las mismas características de sabor y calidad del producto y mayor producción, también favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego, reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, sustituyéndolos por repelentes orgánicos (Guzmán, 2004). El empleo de la técnica de hidroponía representa un incremento en la producción de hasta un 15- 20%, frente a un mismo cultivo pero realizado en suelo, esto debido a que las plantas obtienen de esta manera las condiciones de nutrición ideales (Sanz *et al.*, 2003).

Para este tipo de técnicas se emplean diferentes soportes o sustratos dependiendo de la técnica hidropónica empleada, ejemplo de ellos son los sustratos sólidos porosos tales como son: La perlita, vermiculita y fibra coco, empleados ampliamente por sus importantes características en cuanto a retención de agua, porosidad, disponibilidad de nutrientes e incluso por los costos (Muñoz, 2007). El sistema NFT (Nutrient Flow Technic) se basa en el flujo constante de una pequeña cantidad de solución. El sistema consta de líneas de distribución, un tanque de almacenamiento de la solución, tanques de formulación y una bomba que contemple las necesidades del sistema (Gilsanz, 2007). Estos tipos de sistemas han sido empleados para hacer crecer diferentes tipos y especies de plantas, tales como son hortalizas, frutas y en pocas ocasiones semillas. Debido a sus características las plantas aromáticas también resultan ser importantes candidatos a desarrollarse en hidroponía. El tomillo es una planta aromática empleada normalmente con fines culinarios. De él se obtiene un aceite esencial rico en timol, que es muy útil en la fabricación de perfumes y jabones. El orégano tiene una buena capacidad antioxidante y antimicrobiana contra microorganismos patógenos como *Salmonella typhimurium*. El epazote es una planta aromática perenne, más o menos pubescente, olor fuerte, de aproximadamente 40 cm de altura (Gómez, 2008). La albahaca es una planta aromática y medicinal, se usa en farmacia, licorería y perfumería. El eneldo tiene propiedades curativas, su infusión facilita la digestión, es anti-flatulenta, estimula al hígado, estimula la producción de leche durante lactancia, de uso tónico y antiespasmódica.

Justificación

Dentro de las especies que son aptas para desarrollarse con el uso de la técnica por hidroponía se encuentran las plantas de tipo aromáticas, siendo estas una buena opción de cultivo ya que presentan una importante cantidad de propiedades tanto medicinales como nutricionales, lo que las hace especies de interés para su estudio.

Problema

En la actualidad debido al uso excesivo de fertilizantes y el mal uso de los suelos éstos están deteriorados y se ha comprometido de manera significativa la producción de alimentos y recursos agrícolas.

Hipótesis

Mediante el uso de técnicas de hidroponía bajo distintos regímenes, impactará de manera significativa la germinación y crecimiento de plantas aromáticas típicas de la región de Guanajuato.

Objetivos

Objetivo General

Determinar las condiciones de germinación y crecimiento hidropónico de especies aromáticas de la región de Guanajuato.

Objetivos específicos

- Recolectar y seleccionar semillas de especies aromáticas en distintas estancias de la región de Guanajuato.
- Realizar ensayos de germinación bajo diferentes tipos de sustrato.

- Preparación de distintos medios nutritivos libres de suelos y su evaluación sobre el crecimiento de las plántulas en medios sólidos porosos artificiales.
- Análisis de parámetros estadísticos de los distintos tratamientos.

Marco Teórico

La agricultura en México

La agricultura en México sigue siendo una de las actividades de mayor importancia para la economía del país, pues de ella depende entre otras cosas, la alimentación de un gran número de personas. Diversos factores han influido en esto tales como la riqueza del suelo, el clima, y la extensión del territorio, son determinantes para el desarrollo productivo del país, sin embargo, de igual manera influyen de forma importante la demanda de dichos productos y varios factores económicos. En México, aunque se tenga una gran extensión territorial, diversos tipos de clima y suelo fértil, hay más elementos adversos que han llegado a producir una drástica modificación en la capacidad productiva. Cabe destacar que en México se tiene una gran variedad de productos agrícolas tales como frijol, maíz, trigo, ajonjolí, cártamo, algodón, soya, cebada, sorgo, aguacate, fresas, limones, mangos, manzanas, melones, naranjas, nueces, piñas, plátanos y uvas, la mayoría de ellos se encuentran ligados a la fertilidad de la cordillera de la Sierra Madre Occidental (SAGARPA, 2000).

Técnicas de agricultura

Existen diversas técnicas de agricultura que se emplean en la actualidad tales como son el monocultivo y el policultivo, también existen lo que son por riego aprovechando los mantos acuíferos y los que son por aprovechamiento de las aguas de lluvia.

Agricultura Monocultivo

El monocultivo es donde el cultivo se hace de una especie en específico; este tipo de cosecha es la más empleada, se lleva a cabo en las zonas rurales de las comunidades agrícolas, esta técnica puede hacer uso de los mantos acuíferos para llevar a cabo el riego de los cultivos, la desventaja es la sobre explotación de la tierra y también la sobre explotación del agua llegando a la escasez viéndose en la necesidad de utilizar aguas de desecho que pueden llegar a contener contaminantes nocivos para el hombre (CICEANA, s/f)

Policultivo

El policultivo es la implementación de diversos frutos o especies de granos en un mismo sitio, este tipo de cultivo emplea en su mayoría el agua de lluvia para su riego, pero sin embargo también lleva a cabo el proceso de riego para obtener una mejor producción.

Estos tipos de cultivos en donde el productor no deja reposar la tierra ya que es su fuente de obtención de recursos para subsistir llegan a deteriorar la tierra que ha dejado zonas que ya no son aptas para la producción (Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural, 1998).

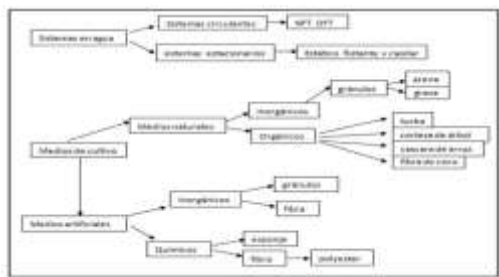


Figura 1

Agricultura Ecológica

La Agricultura ecológica se define como una forma de producción completa ya que no solo se toma en cuenta el producto, sino el consumidor y la tierra donde se cultiva. Las principales características de la agricultura ecológica son la posibilidad de cuidado y prolongación que se le brinda al medio ambiente, productos totalmente naturales, porque no se utilizan insumos químicos. En la producción sólo se hace uso de abonos orgánicos y se tiene un especial cuidado con la tierra por medio de la rotación de cultivos para evitar la erosión y el desgaste de los terrenos (Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural, 1998).

Hidroponía

La palabra hidroponía proviene del griego *uodr* (Hydro) que significa agua y *pouox* (Ponos) que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significa trabajo en agua. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas, sin embargo, actualmente esta palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas sin el uso de suelo, en donde son nutridas mediante una solución de sales minerales que se les suministra por medio del agua con que se riegan (Guzmán, 2004). La hidroponía aunque es una técnica relativamente nueva en nuestro país, es una alternativa para la siembra de hortalizas, frutas y forraje para ganado en áreas limitadas (Espinosa, 2005).

Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional, con las mismas características de sabor y calidad del producto, y mayor producción, también favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego, reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, sustituyéndolos por repelentes orgánicos (Guzmán, 2004).

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, como pueden ser orgánicas o inorgánicas, inertes o no inertes. Incluye también desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas. En la Figura 1 se clasifican los tipos de sustratos para hidroponía (Gilsanz, 2007).

El empleo de las técnicas de hidroponía representa un incremento en la producción de hasta un 15- 20%, frente a un mismo cultivo pero realizado en suelo, esto debido a que las plantas obtienen de esta manera las condiciones de nutrición ideales (Sanz et. al., 2003)

Sistemas hidropónicos

Hay cuatro diferentes tipos de sistemas hidropónicos entre los principales se encuentran el sistema flotante o raíz flotante, NFT (Nutrient Flow Technic), DFT (Deep Flow Technic) y el sistema estático: 1) Sistema Flotante: consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre el cual flota una plancha de espuma que soporta las plantas. Este sistema funciona mejor para plantas comestibles como la lechuga, espinaca y algunas plantas aromáticas (Figura 2a) (Medina, 2011). 2) Sistema NFT: (Nutrient Flow Technic) éste sistema se basa en el flujo constante de una pequeña cantidad de solución. En general este sistema se clasifica dentro de los sistemas de elevado costo, ya que requiere del suministro de un volumen de agua constante, y para ello se gasta energía en el proceso de bombeo.

El sistema consta de líneas de distribución, un tanque de almacenamiento de la solución, tanques de formulación y una bomba que contemple las necesidades del sistema (Figura 2b) (Gilsanz, 2007). 3) El Sistema DFT (Deep Flow Technic) se clasifica como un híbrido entre el sistema NFT y el sistema flotante ya que utiliza la distribución de solución nutritiva al igual que el NFT por medio de una bomba y dispone de una plancha sobre la superficie de la solución nutritiva como el sistema flotante. Este sistema funciona mejor para cultivos de hoja (Figura 2c) (Medina, 2011). 4) Sistema Estático: Funciona según el consumo específico de solución nutritiva de la planta, distribuyendo una sola carga de solución al comienzo del ciclo de crecimiento. La circulación del sistema se basa en el ancho del contenedor y de la cámara de aire que va quedando al consumirse la solución nutritiva (Figura 2d) (Gilsanz, 2007).

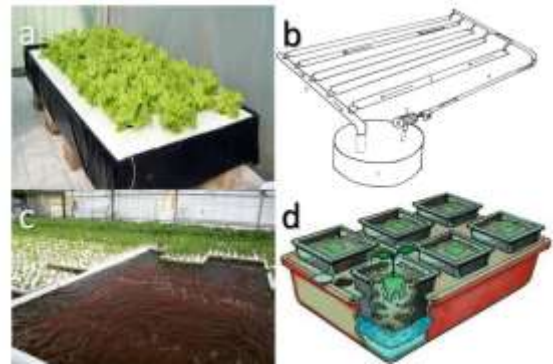


Figura 2 Tipos de sistemas hidropónicos. a) Flotante, b) NFT, c) DFT y d) Estático.

Agricultura en Guanajuato

Guanajuato es uno de los estados agrícolas más importantes del país, y uno de los primeros por la variedad de sus cultivos con casi 70 especies. Las condiciones para el desarrollo agrícola del estado son favorables por las características del suelo y clima con que cuenta, así como por la infraestructura y servicios para la producción y comercialización.

En el caso de cultivos como la alfalfa, brócoli, cebolla, zanahoria, trigo, sorgo y cebada, Guanajuato es de los primeros productores en el ámbito nacional. En el estado se siembra en dos ciclos: Otoño-Invierno con siembras entre los meses de noviembre y febrero. En este ciclo se establecen el trigo, la cebada y la mayor parte de las hortalizas. En promedio se destinan 170 mil hectáreas para este ciclo. En el ciclo Primavera-Verano las siembras se realizan entre los meses de marzo y julio, la mayor superficie la ocupan el maíz y el sorgo. En promedio se siembran 550 mil hectáreas de temporal y 260 mil de riego (Secretaría De Gobierno Del Estado De Guanajuato, 2009).

Metodología de Investigación

Recolección de semillas

La colecta de semillas se realizó en diferentes viveros de la ciudad de Irapuato, estas se colocaron en un recipiente con sílica gel en completa obscuridad para su mejor conservación.

Ensayos de germinación

Para garantizar la germinación y obtención de plantas se realizaron diferentes ensayos de germinación como metodologías alternas a la metodología principal que fue la germinación en soportes para hidroponía los cuales se describen a continuación:

Germinación en medio de cultivo Para la germinación en medio de cultivo se realizó la colocación de semillas sobre la superficie del medio de cultivo estéril para germinación (medio MSO), el cual cubría una quinta parte de la altura del frasco de vidrio.

Germinación en semilleros

Se realizó germinación en semilleros para poder asegurar la obtención de las plantas viables necesarias para el trasplante posterior a los soportes. Esta etapa de germinación duró aproximadamente de 2 a 3 semanas y solo se realizó como metodología alterna, no como la principal.

Germinación directa en soportes

La germinación directa en los soportes se realizó colocando de dos a tres semillas en cada una de las 12 perforaciones que contenían los soportes (botellas de PET recicladas). Al igual que la germinación en semilleros, este proceso duró de 2 a 3 semanas. La germinación se realizó sobre los tres diferentes sustratos predefinidos.

Montaje del sistema NFT y preparación de soluciones nutritivas

Se prepararon tres diferentes soluciones nutritivas: Solución 1 (Estándar), Solución 2 (Estándar reducida) y Solución 3 (Económica) con las siguientes concentraciones de nutrientes (Tabla 1).

COMPUESTO	Solución 1 g/litro	mg/L	Solución 2 g/litro	mg/L	Solución 3 g/litro	mg/L
NH ₄ NO ₃	21.25	1050	21.24	1050		
KNO ₃	55.1	1500	25.27	1350		
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.26	440	0.052	300		
MgSO ₄ ·7H ₂ O	7.03	370	4.201	250	11.4	400
KH ₂ PO ₄	3.23	100	3.201	100		
H ₂ BO ₃	0.1178	6.2	0.0524	4.34		
MnSO ₄ ·H ₂ O	0.3182	10.3	0.2234	11.76	0.005	0.0
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.1834	20.8	0.1432	16.02	0.0076	0.4
Ni	0.008	0.005	0.011	0.001		
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.0047	0.25	0.0003	0.175		
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.0004	0.020	0.0003	0.0175	0.0076	0.4
CaCl ₂ ·6H ₂ O	0.0004	0.020	0.0003	0.0175		
Hierro-Fe ₂ EDTA	0.1607	37.3	0.0509	10.11		
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.3252	37.3	0.3257	38.38	0.325	18
CaH ₂					34.51	1320
NH ₄ SO ₄					4.90	240
H ₂ O					11.64	300
H ₂ PO ₄ 85%					4.16g	220
Boras					0.078	4.0

Tabla 2 Composición de soluciones nutritivas hidropónicas para el sistema NFT.

Instalación de la estructura de soporte

Se colocó una estructura de aproximadamente 3 m de largo por 2 m de ancho y con una altura de 1.5 m, de tubular cuadrado calibre 18, sobre la cual se colocaron 45 botellas de PET (polietileno tereftalato) de 3.5 L. como soportes para el sustrato. Se alinearon tres grupos con cinco rosetas cada uno (15 botellas en total) y cada grupo fue regado con una solución hidropónica nutritiva diferente. Una roseta estaba formada por tres botellas, cada una de las cuales se relleno con un tipo de sustrato. En cada roseta se sembró una especie aromática (Albahaca, Epazote, Eneldo, Orégano, Tomillo). Cada botella presentaba 12 perforaciones intercaladas alrededor de todo el cuerpo lateral. En cada perforación se sembraron de dos a tres semillas por especie (Figuras 3a y 3c).

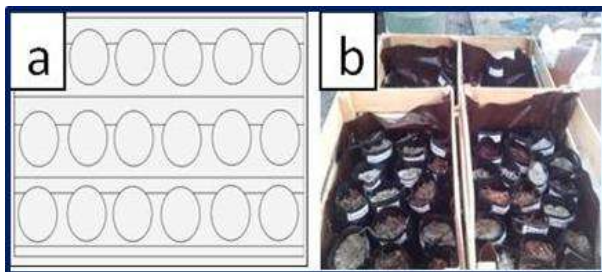


Figura 3 Diseño y presentación de una roseta (a) la cual consta de tres sustrato distintos que fueron regados con una misma solución hidropónica (b). Se aprecia el montaje del sistema NFT completo (c) para hidroponia de plantas aromáticas de la región de Guanajuato.

Sistema de riego

El sistema de riego empleado para el sistema hidropónico NFT se desarrolló de manera semi-automatizada por medio de un PLC programado con un régimen de riego de 8 h entre riego y riego con una duración de 8 minutos cada uno. El tiempo de recuperación de la solución fue de 15 minutos. Se colocaron seis tanques de 35 L., tres de ellos de almacenamiento (ubicados por encima de los de recuperación) y tres de recuperación de solución hidropónica (ubicados debajo de los de almacenamiento). Seis bombas sumergibles de 350 L/H, frecuencia 50/60 Hz, 5.5 watts, y 110/120 V, fueron colocadas en el fondo de los tanques de recuperación y almacenamiento. Una vez que se depositaba por gravedad la solución hidropónica en el tanque de recuperación, esta se dejaba reposar lo suficiente para que los sólidos que llegaban a filtrarse no obstaculizaran el trabajo de la bomba hacia el tanque de almacenamiento. El riego fue por goteo con ayuda de válvulas dosificadoras ajustables (Figura 3b).

Montaje del sistema estático

La segunda alternativa elegida de sistemas hidropónicos fue el sistema estático. Se emplearon cajas de madera de 45 cm de largo por 30 cm de profundidad con un recubrimiento plástico impermeable. Las cajas contenían bolsas para invernadero cada una con los sustratos necesarios para el desarrollo de las plantas. A diferencia del método NFT, se emplearon mezclas entre sustratos las cuales fueron; fibra de coco/vermiculita y perlita/vermiculita. En este tipo de sistema, el riego con la solución nutritiva 3 (variable fija) fue a saturación de campo de manera manual (Figura 4). Se colocaron de dos a tres semillas por bolsa. Posterior a la germinación, se retiraron las plántulas menos vigorosas.

Control de variables independientes y medición de variables dependientes

Se realizó un monitoreo del desarrollo de las plantas en sus diferentes etapas. Las variables independientes (de control) fueron: 1) tipo de solución (1, 2 y 3); 2) tipo de sustrato (Fibra de coco, Vermiculita y Perlita); tipo de especie aromática (Albahaca, Epazote, Eneldo, Orégano y Tomillo). Las variables de respuesta medidas durante el estudio fueron: 1) porcentaje de germinación; 2) altura de las plantas (cm); 3) follaje (# hojas/planta) y 4) longitud de la raíz principal (cm).

Análisis estadístico de los datos

Se llevó a cabo mediante el software Minitab versión 17. Se realizaron Análisis de Varianzas (ANOVA's) para el sistema NFT y estático y Análisis de superficie de respuesta para los tratamientos del sistema NFT únicamente. Cada uno de los tratamientos presentaban un tamaño de muestra igual a quince ($n = 15$). Se empleó un nivel de significancia del 10% ($\alpha = 0.1$) para todas las pruebas.



Figura 4 Diseño (a) y montaje (b) del sistema estático para hidroponía de plantas aromáticas de la región de Guanajuato.



Figura 5 Ensayos de germinación sobre semilleros con vermiculita (a), perlita (b) y fibra de coco (c), sobre medio MSO en cultivo *in vitro* (d) y directamente sobre los soportes de plástico (botellas de PET) (e-f), se puede apreciar (e) una plántula y (f) plantas adultas.

Resultados

Ensayos de germinación

En cuanto a los diferentes ensayos que se realizaron para lograr la germinación se obtuvieron resultados satisfactorios tanto en semilleros y en los soportes (botellas). Cabe señalar que los porcentajes de germinación *in vitro* para cada una de las especies, sirvieron como valores de referencia (100% de germinación) respecto de los valores obtenidos en los soportes hidropónicos. Las plántulas que se obtuvieron en los semilleros se emplearon como plantas de repuesto para aquellas plántulas que morían en las botellas, sin embargo éstas sufrían ligero daño mecánico al ser trasplantadas desde los semilleros. Las plántulas de cultivo *in vitro* no se usaron como repuesto al no ser necesario, además éstas tenían que ser aclimatadas previamente antes de poder ser trasplantadas sobre los soportes. Los porcentajes de germinación y la medición de otras variables de respuesta sobre los soportes NFT se muestran en la Tabla 2. La Figura 5 muestra imágenes representativas de la germinación. Los valores de estas mismas variables para el sistema estático se muestran en la Tabla 3. Es importante hacer notar que no se muestran los porcentajes de germinación sobre semilleros, únicamente los del sistema NFT y estático (Tablas 2 y 3, respectivamente). Se determinó que el tiempo promedio de germinación fue de 18 días para las especies estudiadas.

Medición de otras variables de respuesta

Durante todo el periodo de estudio se realizaron anotaciones de los cambios observados en el desarrollo de las plantas. A los tres meses postgerminación para todas las especies, se procedió a realizar las mediciones de las diferentes variables de respuesta; la altura de la planta, tamaño de raíz principal y follaje (número de hojas) bajo dos condiciones de régimen hidropónico, sistema NFT y estático y se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre un sistema y otro (Tablas 2 y 3, respectivamente). Al parecer el sistema NFT es más dinámico en cuanto al uso de nutrientes ya que mostró más diferencias significativas respecto al estático en casi todas las variables de respuesta medidas, mientras que el estático sólo mostró diferencias para el porcentaje de germinación.

Variable de respuesta	Variable	Valor de P (DOE)	$\alpha=0.1$	Valor de P (contorno)	$\alpha=0.1$
Porcentaje de germinación	Sustrato	0.378	P>0.1	0.303	P>0.1
	Especie	0.065	P<0.1	0.042	P<0.1
Altura de la planta	Sustrato	0.724	P>0.1	0.749	P>0.1
	Especie	0.102	P>0.1	0.138	P>0.1
Tamaño de la raíz principal	Sustrato	0.570	P>0.1	0.604	P>0.1
	Especie	0.319	P>0.1	0.364	P>0.1
Follaje (numero de hojas)	Sustrato	0.996	P>0.1	0.995	P>0.1
	Especie	0.665	P>0.1	0.637	P>0.1

Tabla 3 ANOVA's por Diseño de Experimentos (DOE) y por Superficie de Respuesta (contorno) para cuatro variables dependientes del cultivo hidropónico por NFT para cinco especies aromáticas de la región de Guanajuato. Nivel de significancia fue de 10%

Análisis de superficie de respuesta

La figura 6 muestra el gráfico de superficie de respuesta para el sistema NFT, qué como se discutió anteriormente fue el que aportó más diferencias entre las variables medidas.

Los porcentajes de germinación más altos (>80%) se presentaron en Albahaca y Epazote, empleando las solución hidropónica 3 y el sustrato vermiculita. Los porcentajes de germinación entre 60-80% se presentaron cuando se usó la solución hidropónica 1 para las mismas dos especies. En cambio, los sustratos perlita y fibra de coco mostraron porcentajes de germinación menores al 60% para todas las especies cuando se usó la solución hidropónica 3 (Figura 6, panel superior).

Variable de respuesta	Variable	Valor de P (DOE)	$\alpha=0.1$	Valor de P (contorno)	$\alpha=0.1$
Porcentaje de germinación	Sustrato	0.090	P<0.1	0.124	P>0.1
	Especie	0.000	P<0.1	0.001	P<0.1
	Solución	0.000	P<0.1	0.000	P<0.1
Altura de la planta	Sustrato	0.075	P<0.1	0.172	P>0.1
	Especie	0.003	P<0.1	0.131	P>0.1
	Solución	0.038	P<0.1	0.427	P>0.1
Tamaño de la raíz principal	Sustrato	0.078	P<0.1	0.307	P>0.1
	Especie	0.001	P<0.1	0.007	P<0.1
	Solución	0.588	P>0.1	0.979	P>0.1
Follaje (numero de hojas)	Sustrato	0.139	P>0.1	0.237	P>0.1
	Especie	0.012	P<0.1	0.592	P>0.1
	Solución	0.172	P>0.1	0.653	P>0.1

Tabla 3 ANOVA's por Diseño de Experimentos (DOE) y por Superficie de Respuesta (contorno) para cuatro variables dependientes del cultivo hidropónico por sistema estático para cinco especies aromáticas de la región de Guanajuato. Nivel de significancia fue de 10%.

La altura de la planta fue mayor con el sustrato vermiculita en casi todas las especies (15-19 cm), siendo las soluciones hidropónicas 2 y 3 las que mejor respondieron. Por otro lado, la fibra de coco mostró una altura similar a la vermiculita pero sólo para las especies Orégano y Tomillo cuando fueron regadas con la solución hidropónica 2. La perlita en cambio, presentó la altura más pequeña (<7 cm) en Tomillo indistintamente de la solución hidropónica usada (Figura 6, panel medio-superior)

A diferencia de la buena promoción de la germinación y un rendimiento de plantas más altas, la vermiculita no fue capaz de proporcionar plantas con raíces principales lo suficientemente largas, sino más bien intermedias en casi todas las especies (12-16 cm) empleando la solución hidropónica 2 y un poco más cortas (8-12 cm) empleando las soluciones hidropónicas 1 y 3. No así la fibra de coco, rindió raíces más cortas aún para Orégano y Tomillo pero más largas para Albahaca, Epazote y Eneldo. Este comportamiento sugiere que la vermiculita y perlita retienen menos humedad y es por eso que las raíces se alargan tanto en búsqueda de agua, mientras que la fibra de coco, al retener más agua en su estructura no es necesario un crecimiento radicular excesivo (Figura 6, panel medio-inferior) Por último, del análisis de follaje no se observaron diferencias significativas entre los tipos de sustrato y tipo de solución hidropónica empleados para las cinco especies, siendo la perlita la que destacó en menor follaje del Tomillo (Figura 6, panel inferior).

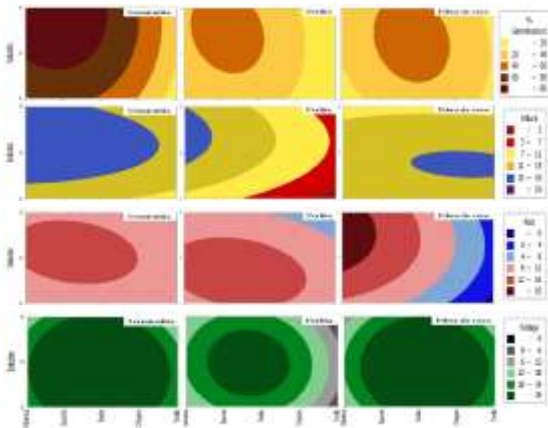


Figura 6 Gráfico de contornos para los porcentajes de germinación (panel superior), la altura de la planta (cm) (panel medio-superior), longitud de raíz principal (cm) (panel medio-inferior) y follaje (panel inferior) de cinco especies de plantas aromáticas de la región de Guanajuato en condiciones de crecimiento hidropónico (NFT), bajo tres sustratos (vermiculita, perlita y fibra de coco) y tres soluciones nutritivas distintas (1, 2 y 3) administradas en el riego. Nivel de significancia fue de 10%.

Conclusiones

Método de germinación. El método de germinación más efectivo fue en condiciones *in vitro* y se tomó como el 100% de germinación respecto de los otros dos métodos (semilleros y soportes PET). El método de germinación en semillero se utilizó como uná técnica de germinación para garantizar el reemplazo de plantas hacia los soportes cuando en estos ocurrieran pérdidas por insectos y/o aves, ya que la estructura con la botellas PET se encontraba al aire libre.

Sistema NFT. La solución 3 (económica) por su bajo contenido de sales proporcionó mejor desarrollo de las plantas sin comprometer los nutrientes necesarios para el buen desarrollo vegetal, además es la solución hidropónica menos costosa. El sustrato vermiculita resultó ser mejor en cuanto a porcentaje de germinación pues mostró una mayor producción de plantas para todas las especies y todas las soluciones de los diferentes tratamientos. El eneldo fue la especie menos exigente en cuanto a sus necesidades de cuidados y nutrientes, ya que esta planta resultó adaptarse mejor en todos los tratamientos, logrando los más altos niveles de germinación en vermiculita independientemente del tipo de solución hidropónica empleada.

Sistema estático. La solución hidropónica se mantuvo fija durante el riego (solución 3) ya que resultó ser la mejor en el sistema NFT. En el caso de las mezclas de sustratos, la mezcla vermiculita/fibra de coco mostró un porcentaje de germinación más alto (aunque el valor de $P > 0.1$) en comparación con la mezcla de vermiculita/perlita, por lo que se puede determinar que efectivamente la fibra de coco es un sustrato con alto índice de retención de agua logrando hacer que las plantas aromáticas de variadas especies puedan germinar e incluso llegar a plantas adultas.

Aunque bien, el eneldo fue la especie que mejor resultado dió en la germinación para la mezcla vermiculita/fibra de coco, los valores de P obtenidos (<0.1) demuestran que la variable que más influye es el tipo de especie, debido a las características tan propias y variadas que posee cada una de ellas en cuanto a requerimientos de agua, condiciones de luz, entre otros factores.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por su apoyo para la realización de este proyecto. Al Ing. Electrónico Manuel, por su participación en la automatización del sistema NFT. Ninguno de los autores tuvo conflictos de intereses en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

Espinosa, R. M. (2005). Proyecto de inversión para la producción de forraje verde hidropónico en Santa María Chanchopan Nochixtlan, Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca, 128.

Gilsanz, J. C. (2007). Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, pp: 1-32.

Guzmán Díaz G. A. (2004). Hidroponía en Casa: una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería, pp: 1-25.

CICEANA, A. (s/f). Saber más agricultura. Centro de Información y Comunicación Ambiental del Norte de América, 7.

Gómez Castellanos J. R. (2008). Epazote (*Chenopodium ambrosioides*): Revisión de sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 7 (1), pp: 3-9.

Medina Ramos. X. A, Morales Pérez F. N. y Vega Marzan E. (2011). GrupoA:Hidroponía. Ecodatahousing 1.0.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (1998). Agricultura Limpia, Agricultura Orgánica o Ecológica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 16.

SAGARPA. (2000). www. SAGARPA. gob. mx. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/Paginas/default.aspx>

Secretaría de Gobierno del Estado de Guanajuato. (2009). Recuperado el 6 de abril de 2013, de <http://www.guanajuato.gob.mx/>

Muñoz Jeréz Z del P. (2007). Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill). Tesis de la Universidad Austral de Chile, pp: 1-58.

Sanz de Galdeano J., Uribarri A., Sádaba S., Aguado G. y del Castillo J. (2003). Aspectos a Considerar en una instalación de cultivo hidropónico. Navarra Agraria, pp: 9-17.

Desarrollo de estaciones de trabajo en la implementación de células de manufactura

CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe*†, MUÑOZ-LÓPEZ, Luis Enrique, FLORES-BARRAGAN, Juan Luis y NIETO-GARCÍA, Víctor Manuel

Universidad Tecnológica de Chihuahua, Av. Montes Americanos, No. 9501, Sector 35, C.P. 31216

Recibido 7 de Abril, 2017; Aceptado 16 de Junio, 2017

Resumen

El presente artículo muestra la investigación y el análisis para el diseño de estaciones de trabajo que se aplican en la implementación de células de manufactura. Este, tiene como objetivo el diseño de procesos eficientes para la eliminación de los desperdicios. La propuesta se lleva a cabo en un proceso de manufactura lineal que presenta oportunidades de mejora en su diseño original, el cual se analiza utilizando herramientas de manufactura esbelta y tecnologías de diseño e ingeniería asistida por computadora por sus siglas en inglés (CAD-CAE).

Estaciones de trabajo, Diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería asistida por computadora (CAE), Herramientas de análisis para simulación de procesos y para procesos de fabricación, Optimización del desarrollo del producto

Abstract

The present article shows the research and the analysis for the design of workstations that are applied in the implementation of cells of manufacture. This one, aims at the design of efficient processes for the elimination of waste. The proposal is carried out in a linear manufacturing process that presents opportunities for improvement in its original design, which is analyzed using lean manufacturing tools and computer aided design and engineering technologies (CAD-CAE).

Computer-aided design (CAD), Computer-aided engineering (CAE), Analysis tools for process simulation and manufacturing processes, Optimization of product development

Citación: CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe, MUÑOZ-LÓPEZ, Luis Enrique, FLORES-BARRAGAN, Juan Luis y NIETO-GARCÍA, Víctor Manuel. Desarrollo de estaciones de trabajo en la implementación de células de manufactura. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:25-32

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gcorral@utch.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La empresa Alphabet de México que se dedica a la fabricación de piezas electrónicas para la industria automotriz, actualmente tiene la necesidad de mejorar los procesos productivos con el fin de reducir índices de desperdicio de material, para lo cual se pretende realizar la implementación de células de manufactura, con la ayuda de monitoreo de tiempos, mejora de la distribución de equipos y áreas de trabajo existentes.

Problema

Actualmente la empresa tiene procesos de manufactura con una distribución lineal, lo que representa que el acomodo de las estaciones de trabajo generen acumulación entre estaciones, tiempos de espera, mala comunicación, defectos de calidad, y acumulamientos de inventario en proceso, debido a la falta de un eficiente balanceo de la carga de trabajo y del tipo de distribución actual, estas condiciones provocan situaciones que afectan la velocidad y calidad de los procesos, generando altos índices de desperdicio de material productivo por defectos de calidad (scrap). Además, se identifica problemas ergonómicos a los trabajadores, debido al inadecuado diseño de las estaciones de trabajo

Objetivos

Diseñar procesos eficientes para la eliminación de los desperdicios por medio del diseño y desarrollo de estaciones de trabajo.

Metodología

Con el fin de resolver la problemática se decide realizar la construcción de células de manufactura diseñando estaciones de trabajo ergonómicas y fáciles de mover; ya sea de un lugar a otro, o dentro del mismo espacio, además de estandarizar las estaciones de trabajo (dimensiones, materiales, iluminación, etc).

La metodología que se utiliza para la implementación de células de manufactura utilizando diseños ergonómicos en la construcción de estaciones de trabajo se muestra en la siguiente figura:



Figura 1 Metodología

Calculo de la capacidad del proceso

Para el cálculo de la capacidad del proceso, se aplica la ecuación (1), la cual representa el volumen de producción que se puede obtener en un determinado tiempo. Esto significa que para el cálculo de la capacidad del proceso es necesario tomar tiempos a cada una de las estaciones de trabajo y establecer el tiempo de ciclo, que es el tiempo que se requiere para fabricar una pieza, con el fin de identificar la estación “restricción”, la cual permite determinar el “Rate” de producción del proceso (ecuación (2))

Para determinar la capacidad del proceso de acuerdo a la demanda del cliente se determina el “takt time” que es el ritmo en el que los productos deben ser completados o finalizados para satisfacer las necesidades de la demanda. El “takt time” se determina mediante la ecuación (3).

$$Capacidad\ del\ proceso = \frac{(Unidades/hora)}{(hrs.\ laborables)} \tag{1}$$

$$Rate\ de\ producción = \frac{Tiempo\ de\ operación}{tiempo\ de\ ciclo} \tag{2}$$

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda\ del\ cliente} \tag{3}$$

La figura 2 muestra la capacidad del proceso con una distribución en manufactura lineal y la figura 3 muestra la capacidad en la nueva distribución celular de acuerdo a la demanda del cliente en base al “takt time.

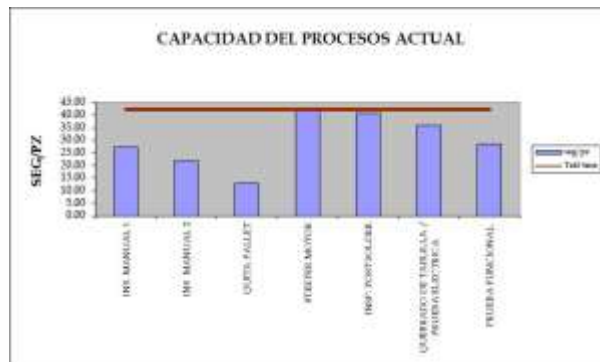


Figura 2 Capacidad del proceso actual



Figura 3

La tabla 1 muestra las piezas por hora y el tiempo de fabricación que puede producir cada estación de cuerdo a la distribución del proceso en manufactura lineal, mientras que la tabla 2 muestra las piezas por hora que puede producir cada estación en manufactura celular considerando el tiempo”tak time.

Operacion	pz/hr	seg/pz	Takt time	Numero de operadores = 7
INS. MANUAL 1	133	27.10	42.35	1er Turno = 8 segundo Turno =8 3er Turno = 5
INS. MANUAL 2	164	21.97	42.35	Numero de operadores ideales = 4.95
QUITA PALLET	276	13.02	42.35	Otros operadores directos:
STEPPER MOTOR	85	42.39	42.35	Materialista = .5
INSP. POST SOLDER	88	40.69	42.35	Tecnico de soldadora = .5
QUEBRADO DE TABLILLA / PRUEBA ELECTRICA	101	35.79	42.35	Trouble shooter = .5
PRUEBA FUNCIONAL	126	28.61	42.35	Relevo =5.8%

Tabla 4 Piezas por hora y tiempo de fabricación

Operacion	pz/hr	seg/pz	Takt time	Numero de operadores = 6
INS. MANUAL 1 Y 2	73	49.07	59.72	1er Turno = 8 segundo Turno =8 3er Turno = 5
QUITA PALLET	276	13.02	59.72	Numero de operadores ideales = 3.51
POST SOLDER / STEPPER MOTOR	77	46.53	59.72	Otros operadores directos:
WAND TOOL / INCIRCUIT	101	35.79	59.72	Materialista = .5
PRUEBA FUNCIONAL	126	28.61	59.72	Tecnico de soldadora = .5 Trouble shooter = .5 Relevo =5.8%

Tabla 5 Piezas considerando "Talk time "

Diseño de la distribución de las células de manufactura (Lay out)

Para el diseño de la distribución de las células de manufactura es necesario determinar el número de operadores ideal, el cual se obtiene sumando el total de los tiempos de cada una de las operaciones y dividiendo este resultado entre el tiempo “takt time” tomando en consideración la demanda más alta del cliente, es así como se determina el número de estaciones de trabajo que serán incluidas en el diseño de la célula

De acuerdo al análisis realizado se determina un total de 6 operadoras por célula de manufactura, la figura 4 muestra la distribución de los operarios con una aplicación de multitareas para una baja demanda de producción mientras que en la figura 5 se muestra la distribución de las células considerando una demanda alta de producción.

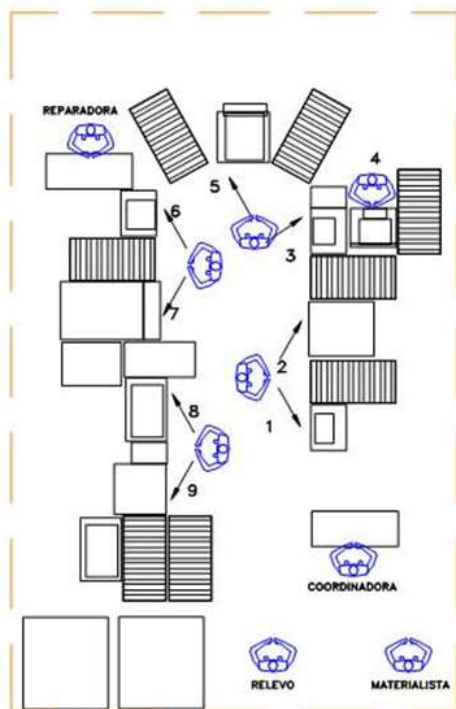


Figura 3 Operadores ideal

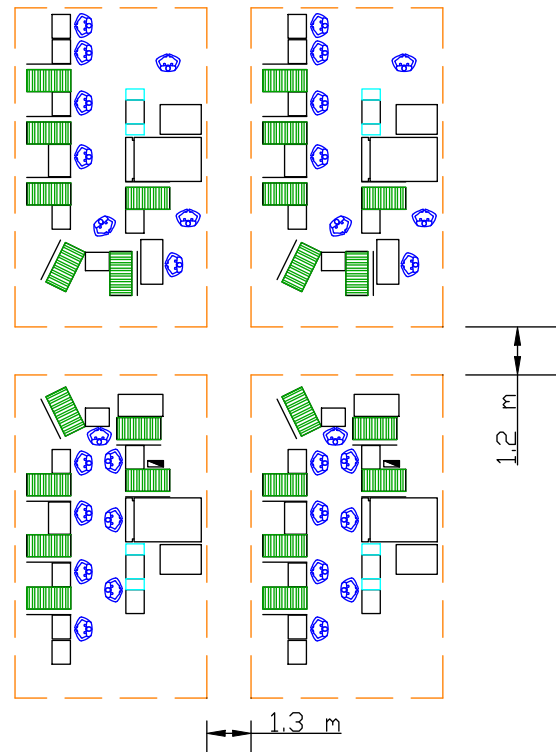


Figura 4 Célula de manufactura

Estudio antropométrico

“La ergonomía es la disciplina científico-técnica y de diseño que estudia integralmente al hombre (o grupos de hombres) en su marco de actuación relacionado con el manejo de equipos y máquinas, dentro de un ambiente laboral específico, y que busca la optimización de los sistemas hombre-máquina-entorno, para lo cual elabora métodos de estudio del individuo, de la técnica y de la organización del trabajo.” (Ramírez Cavassa, 1991).

El estudio antropométrico se ocupa del dimensionamiento del cuerpo humano considerando las alturas y alcances de los operadores de pie y sentados para adaptar las estaciones de trabajo a las dimensiones del trabajador.

En la conformación física de las células de manufactura, se realiza un estudio antropométrico para determinar el tamaño de las mesas, considerando las medidas antropométricas de la población de la empresa, se elige una muestra de 30 personas a las cuales se les toman las medidas de la estatura, medidas del pie a brazos doblados y medidas de hombro a hombro con el fin de obtener un diseño ergonómico. Estas mediciones se muestran en las tablas 3 y 4, con el fin de determinar la altura y ancho de las estaciones de trabajo.

A continuación, se muestran las medidas del pie a brazos doblados para obtener la altura de las mesas

Operario	Medida Altura	Operario	Medida Altura
1	0.79	16	0.83
2	0.81	17	0.79
3	0.82	18	0.85
4	0.83	19	0.79
5	0.84	20	0.81
6	0.85	21	0.84
7	0.83	22	0.83
8	0.81	23	0.82
9	0.85	24	0.85
10	0.81	25	0.81
11	0.82	26	0.78
12	0.78	27	0.83
13	0.8	28	0.81
14	0.84	29	0.85
15	0.81	30	0.82

Total	24.6
Media	0.82
Desv. Est.	0.02

Tabla 6 Medidas de pie a brazos

La siguiente tabla muestra las medidas de hombro a hombro para obtener el ancho de las mesas de trabajo.

Operario	Medida hombros	Operario	Medida hombros
1	0.63	16	0.59
2	0.65	17	0.62
3	0.61	18	0.6
4	0.64	19	0.62
5	0.62	20	0.64
6	0.6	21	0.65
7	0.64	22	0.59
8	0.61	23	0.61
9	0.59	24	0.62
10	0.62	25	0.6
11	0.65	26	0.62
12	0.63	27	0.61
13	0.64	28	0.63
14	0.63	29	0.65
15	0.6	30	0.6

Total	17.98
Media	0.62
Desv. Est.	0.02

Tabla 7 Medidas Hombro a Hombro

Con este estudio se obtiene como resultado que la altura optima de las mesas es de 0.85 mts, así como el ancho es de 0.65 mts y un largo de 0.50 mts.

De lo anterior, se establece que los diseños permiten un ajuste adecuado a las características antropométricas de los trabajadores, con el fin de garantizar la altura de la superficie del trabajo, además de permitir al operador realizar la tarea, en la forma más cómoda y productiva posible. En el caso de estaciones con el operador sentado, se establece que la silla debe ser ajustable. En general, mientras más ajustable sea el diseño de la estación, se obtendrá una mayor probabilidad de ajuste para las personas que la ocupen.

La figura 6 muestra un modelo con el área de alcance de brazos extendidos, así como un campo optimo de vision panoramica.

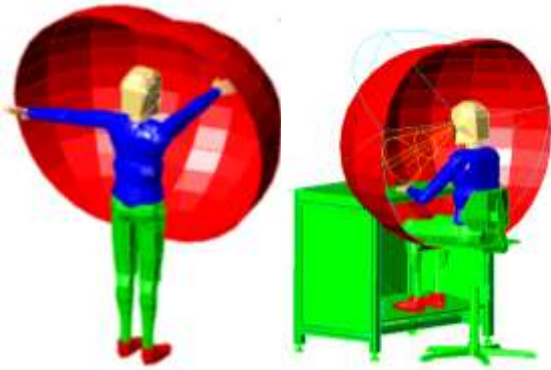


Figura 5 Resultados del estudio antropométrico

Diseño de las estaciones de trabajo

Para el diseño de las estaciones se utiliza un software de modelado 3D, utilizando elementos estandarizados como lo es el perfil extruido de aluminio el cual cumple con los requerimientos mecánicos y dieléctricos para la construcción de este tipo de estaciones de trabajo, además de realizar un armado rápido y con pocas herramientas. Cabe mencionar que cada una de las estaciones cuenta con instalaciones eléctricas y neumáticas, además de un sistema de iluminación, el cual proporciona todos los requerimientos para realizar las tareas productivas. Las figuras 7 y 8 muestran el diseño final basado en las medidas establecidas en el estudio antropométrico.

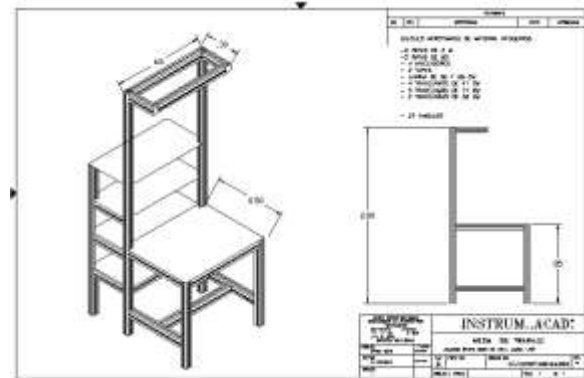


Figura 7 Modelo de estación 2.

Implementación de las células de trabajo

La implementación se realiza mediante la instalación de las estaciones de trabajo de acuerdo a la nueva distribución del proceso, (figura 9) la cual se lleva a cabo en un área piloto, con la coordinación de los departamentos involucrados: Ing. Procesos, Ing. Planta, Mantenimiento, Depto. de Sistemas, Producción, Seguridad Industrial e Ing. Industrial. Las figuras 10 y 11 muestran la instalación de las estaciones de trabajo en el área piloto.

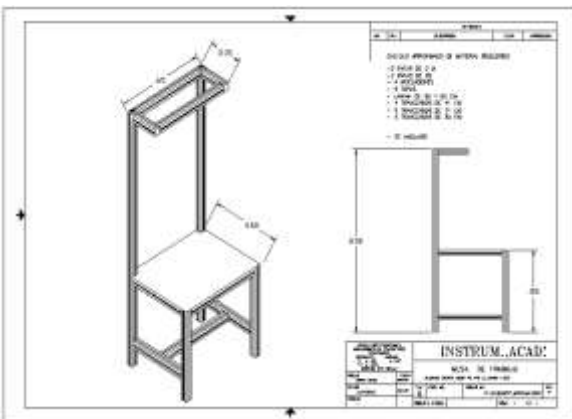


Figura 6 Modelo de estación 1



Figura 8 Estación de trabajo



Figura 9 Instalación de Estación de trabajo



Figura 10 Instalación de estación de trabajo en área piloto

Para la implementación es necesario realizar como actividad previa, la capacitación a la alta gerencia, gerencia media y mandos intermedios sobre los temas de manufactura esbelta y manufactura celular, con el fin de lograr el soporte hacia este tipo de estrategias, además se debe de incluir la capacitación a los operadores sobre la aplicación de multitareas, con el fin de sensibilizar a los operadores en las filosofías de manufactura esbelta logrando un cambio de pensamiento y sentido de pertenencia.

La figura 12 muestra las actividades a realizar para la implementación de las estaciones de trabajo en las células de manufactura.

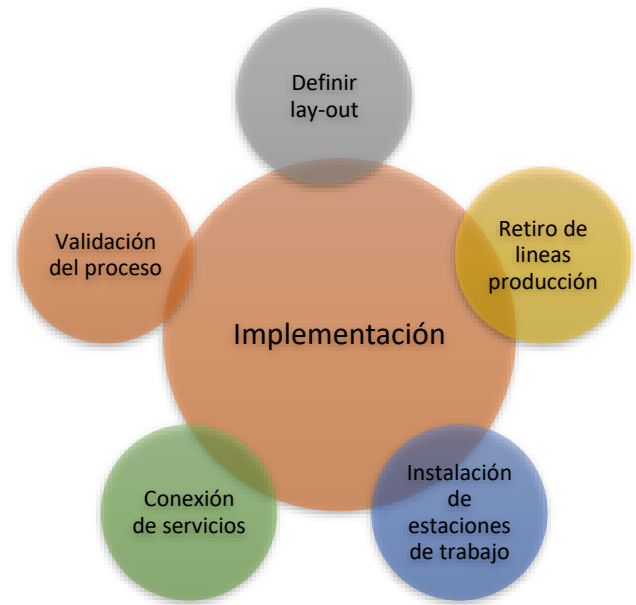


Figura 11 Actividades a realizar para la instalación de estaciones de trabajo.

Validación

Se desarrolla la documentación correspondiente al cambio de ingeniería, se elaboran las cartas de instrucción de operaciones y se realiza la fabricación de un número de piezas para su validación.

Durante la validación se realizan las siguientes actividades:

- a) Validación del Rate de producción.

Se determina la cantidad de piezas por hora que se pueden fabricar con el nuevo diseño de célula de manufactura, esta actividad se realiza a través de la toma de tiempos con cronometro dando como resultado que no se ve afectada la capacidad del proceso de acuerdo a la demanda del cliente.

- b) Validación del funcionamiento del nuevo diseño del proceso.

Se realiza a través de la producción de un determinado número de piezas, que el departamento de procesos revisa para confirmar que cumplan con las especificaciones del cliente.

- c) Validación de la calidad del producto.

Por medio de una serie de pruebas que se le efectúan (resistencia mecánica, resistencia térmica, y pruebas funcionales), se determina que la calidad no ha sido afectada por el cambio de diseño y método de trabajo.

- d) Validación de la seguridad.

Se verifica que los operadores no se ven afectados por los cambios realizados con la nueva distribución en el proceso y con la aplicación de multitareas.

Resultados

Con el desarrollo de estaciones de trabajo se logra implementar células de manufactura con un nuevo diseño, que permite optimizar los recursos, mediante la reducción de espacios, cambio en el diseño del proceso, lo cual se refleja en la disminución de mano de obra e inventario en proceso "WIP".

El nuevo diseño considera la ergonomía como punto importante, ya que se toman en cuenta la adaptación de los espacios a las necesidades de los operarios, haciendo de este un diseño flexible, confortable y seguro.

En cuestiones financieras, con el nuevo diseño se espera obtener una disminución en el consumo de energía debido a la eliminación de los motores de los transportadores y la reducción del número de operarios.

Conclusiones

Con el diseño de estaciones de trabajo para la implementación de células de manufactura, se logra mayor eficiencia en la fabricación de los productos, además de reducir la cantidad de inventario en proceso, esto contribuye a la eficiencia de los operadores involucrándolos en las diversas tareas del producto. Es de suma importancia resaltar los beneficios obtenidos con el diseño, como lo son: La reducción de los desperdicios, la transportación, las demoras, los movimientos de materiales etc.

Este nuevo diseño de manufactura celular además de hacer más eficiente el proceso permite mayor flexibilidad, al adaptar una gran variedad de productos y cambios frecuentes en la célula de producción simplificando el control y programación de la producción, mejorando la comunicación y optimizando los espacios productivos.

Referencias

- Arbós, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas graficas con soporte informatico*. books.google.com.
- Meyers, F. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. books.google.com.
- Ramírez Cavassa, c. (1991). *Ergonomía y Productividad*. México: Limusa.

Determinación de la dosis de fertilización adecuada para producción en chile jalapeño (*Capsicum annuum L. var. annuum L*), de un fertilizante foliar elaborado a partir de desechos orgánicos

ZÚÑIGA-MALDONADO, Walter Manuel†, MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ARROYO-LEÓN, Jesús y LEZAMA-PÉREZ, Paulina Janet

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, Manuel Gómez Morín No. 300, Salvatierra Gto. C.P. 38933

Recibido 7 de Abril, 2017; Aceptado 15 de Junio, 2017

Resumen

Esta investigación se desarrolló durante el 2016 y 2017 en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, la cual consistió en la evaluación de un fertilizante orgánico a base de desechos vegetales y melaza. Se evaluaron tres diferentes dosis del biofermento (10 L, 20 L y 30 L en una solución de 100 L de agua). Aquí tienes que poner los resultados abreviados, si hubo algún problema que se presentó durante el análisis. Para determinar la dosis adecuada del biofermento para su aplicación, se realizó un análisis estadístico empleando un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento, considerando las siguientes variables: altura de planta, longitud de la raíz, producción de chile, número de frutos por planta, peso fresco y seco de la planta. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, con respecto a las variables longitud de raíz, peso seco, número de frutos y altura de planta no se encontraron diferencias entre las dosis aplicadas al cultivo. Los resultados muestran que la aplicación foliar de la dosis al 30% de concentración del biofermento presentó un incremento en la cosecha del 36%, 21.8 % y 20.2 % con respecto a las concentraciones del biofermento a dosis de 20%, 10% y del testigo respectivamente.

Biofermentos, Fertilización, Agricultura

Citación: ZÚÑIGA-MALDONADO, Walter Manuel, MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ARROYO-LEÓN, Jesús y LEZAMA-PÉREZ, Paulina Janet. Determinación de la dosis de fertilización adecuada para producción en chile jalapeño (*Capsicum annuum L. var. annuum L*), de un fertilizante foliar elaborado a partir de desechos orgánicos. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:33-39

Abstract

This research was developed during 2016 and 2017 in the experimental field of the High Technological Institute of Salvatierra, which consisted in the evaluation of an organic fertilizer based on vegetal wastes and molasses. Three different doses of bioferment (10 L, 20 L and 30 L in a solution of 100 L of water) were evaluated. Here you have to put the abbreviated results if there were any problems that arose during the analysis. To determine the appropriate bioferment dose for its application, a statistical analysis was performed using a completely randomized design with three replicates per treatment, considering the following variables: plant height, root length, chili production, number of fruits per Plant, fresh and dry weight of the plant. According to the results obtained in this research, with respect to the variables length of root, dry weight, number of fruits and height of plant were not found differences between the doses applied to the crop. The results show that the foliar application of the 30% bioferment concentration dose showed an increase in the harvest of 36%, 21.8% and 20.2% with respect to the bioferment concentrations at doses of 20%, 10% and of the control respectively.

Biofertilizers, Fertilization, Agriculture

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

En México se cultiva una gran variedad de tipos de chiles; entre ellos, el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, rentabilidad y gran demanda de mano de obra. Para la producción comercial de chile jalapeño se requiere que el productor administre y optimice sus recursos disponibles. Entre ellos, la mano de obra, el uso de fertilizantes y de insecticidas para el control de plagas del cultivo. Ante esta problemática, se han desarrollado alternativas ambientalmente amigables a bajos costos de producción. La aplicación de abonos orgánicos tiene el potencial de ser una fuente de nutrimentos económica y eficiente en la nutrición de los cultivos (Moron, 2014)

En la agricultura moderna el uso de agroquímicos ha crecido ostensiblemente, incrementando los costos de producción y causando problemas serios en el medio ambiente. El uso de biofertilizantes es una alternativa viable para mejorar la rentabilidad de los cultivos, particularmente en la agricultura, en medianos y pequeños agricultores con sistemas intensivos de producción, como las hortalizas. Teniendo en cuenta que los biofertilizantes pueden ser producidos en la misma finca y utilizados con éxito en la producción de cultivos (Criollo, 2011)

Buen número de productores de hortalizas interesados en la agricultura orgánica, no pueden participar en este nicho de mercado debido a la escasa disponibilidad de fertilizantes orgánicos que satisfagan las necesidades nutrimentales de los cultivos. Esto ha motivado el incremento en la producción, lo cual ha sido gracias al aumento en el rendimiento por unidad sembrada y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (Beltrán, 2016).

Una alternativa a la aplicación de fertilizantes, la constituye el empleo de abonos orgánicos (compost, biosólidos, entre otros) u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas. En este mismo sentido, la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales (Ramos, 2014)

Como alternativa a esta problemática es el uso de fertilizantes elaborados a partir de desechos vegetales, vía fermentación. Los biofermentos elaborados a partir de estiércol vacuno como principal componente son ricos en macro y micronutrientes, elementos que ayudaran al cultivo, para un mejor desarrollo vegetativo, concluyendo en una producción sana sin residuos químicos que dañen al consumidor final de la cadena agrícola.

Con este Sistema de fertilización se promueve el uso sustentable de los desechos agrícolas y pecuarios del campo Agrícola, disminuyendo la contaminación del medio ambiente.

Justificación

Los fertilizantes elaborados a partir de desechos orgánicos vía fermentación anaerobia, cuenta con las propiedades necesarias para un adecuado suministro de nutrientes que satisfagan las necesidades nutricionales de los cultivos mediante una adecuada dosificación del biofermento, generando rendimientos similares a la fertilización química en la producción Agrícola y disminuyendo los costos de producción para el producto.

Problema

La aportación de nutrientes de los biofermentos al cultivo puede variar según las características de los materiales con los que se prepara lo que constituye un fertilizante con ciertas propiedades, la aplicación de la dosis adecuada de fertilizante al cultivo, lograra el mejor aprovechamiento de los nutrientes aportados y las necesidades nutricionales de los cultivos, es importante determinar la dosis de adecuada para producción en Chile jalapeño, logrando así un mejor aprovechamiento de los nutrientes por el cultivo, ya que el uso desmedido de fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos tienen impactos negativos en crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Hipótesis

Al menos una dosis del biofermento tendrá efectos positivos sobre el rendimiento del cultivo.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar diferentes dosis de fertilización de un biofermento sobre un cultivo de chile jalapeño.

Objetivos específicos

- Evaluar diferentes dosis de fertilización de un biofermento orgánico.
- Evaluar la calidad nutricional del biofertilizante.
- Evaluación del rendimiento del cultivo a diferentes dosis.

Marco Teórico

En la producción de chile, México se ha caracterizado como uno de los principales productores y consumidores de este delicioso producto nacional y la tradición del consumo del chile se ha conservado desde tiempos prehispánicos.

El chile es el octavo cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, obteniendo ganancias anualmente por más de 3 mil millones de pesos, con un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles frescos, secos y en preparaciones. A escala internacional, México es el segundo productor de chiles, dedicándole más de 140 mil hectáreas al cultivo de este fruto, las principales variedades que se cultivan son: el jalapeño, serrano, poblano, morrón y habanero.

El chile jalapeño en promedio se produce más en el ciclo primavera - verano con 69%, mientras que el restante 31% se genera en el otoño invierno. Los estados de Chihuahua, Sinaloa y Michoacán generan 64% de la producción nacional de esta variedad de chile (SIAP, 2014).

Además de la innegable presencia en el consumo diario del mexicano, el cultivo es importante por el valor que aporta a la producción agrícola de las regiones involucradas, porque genera ingresos competitivos para los productores y porque la cosecha abarca alrededor de 150 días (jornales) por hectárea en zonas de riego. La creación de empleos es reflejo de un impacto social positivo; un impacto que trasciende las fronteras de México (SIAP, 2010)

El chile jalapeño (*Capsicum annuum*) es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra.

La fertilización de síntesis química fundamentada en la teoría del balance mineral, aduce que los nutrimentos son necesarios para obtener altos rendimientos y buena calidad del fruto, aunado a un control químico de plagas y enfermedades. Sin embargo, el uso indiscriminado e ineficiente de fertilizantes y agroquímicos ha originado una disminución en el contenido de la materia orgánica y degradación del suelo

El alto costo de producción del cultivo de chile jalapeño bajo sistema convencional, puede recuperarse, sólo si el precio de mercado es igual o mayor a 10 pesos por kg. Sin embargo, aunque el precio de la fruta sea adecuado, los efectos negativos generados en el suelo, en la fauna y en la salud del agricultor, son cada vez más difíciles de recuperar (Moron, 2014)

La baja rentabilidad de la actividad agrícola impulsa la investigación para desarrollar nuevos insumos, con el fin de proveer innovaciones tecnológicas que tiendan a maximizar el ingreso. Bajo estas condiciones, se presenta la alternativa de utilizar tecnologías compatibles con la actividad microbiológica para favorecer la nutrición de las plantas (Grageda, 2012)

Debido al incremento en el costo de los fertilizantes químicos y a la contaminación que algunos propician en el ambiente cuando se utilizan irracionalmente, es necesario encontrar nuevas alternativas de fertilización, económicas y más eficientes. Se considera como una alternativa viable la utilización de las fuentes orgánicas locales y regionales que tradicionalmente se han subutilizado, entre las que destacan las excretas de animales.

Las excretas contienen nutrimentos que los cultivos pueden utilizar, pero también poseen altas concentraciones de coliformes fecales que producen enfermedades.

Por ello, para utilizarlas como fertilizantes, es necesario darles un tratamiento que elimine estos agentes infecciosos. Una forma de hacerlo es mediante la biodigestión (Soria, 2001).

La fermentación de estiércol tiene un efecto positivo en la estabilidad del proceso anaeróbico, debido a su capacidad amortiguadora y contenido alto de elementos. Uno de los subproductos de la fermentación anaeróbica es el biol, que es rico en microorganismos, fitohormonas y nutrientes. La aplicación de estos bioles al suelo puede eliminar contaminación, restituir la flora bacteriana y actuar como fertilizante foliar Otra característica de los bioles es su potencial para mejorar el intercambio catiónico en el suelo, lo cual aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Los bioles obtenidos de la fermentación anaeróbica pueden usarse como biofertilizantes para cultivos diversos (Cano, 2016)

Metodología

Esta investigación se realizó en terrenos agrícolas del campo experimental del instituto Tecnológico Superior de Salvatierra durante enero-junio de 2017. El establecimiento del cultivo se realizó mediante transplante, colocando 300 plantas, a una distancia de 30 cm de separación entre plantas. Previo al establecimiento del del cultivo se aplicó un fertilizante químico como base, el cual fue Fosfato Monoamónico (MAP).

Para evaluar los efectos de las dosis del biofermento en el cultivo de chile jalapeño, se establecieron parcelas bajo un arreglo completamente al azar con tres repeticiones.

Fueron evaluadas tres dosis del biofermento a concentraciones de 10 %, 20 %, 30 % y un testigo absoluto.

Las aplicaciones del biofertilizante, se realizaron cada 15 días a partir del establecimiento del cultivo de acuerdo a la dosis correspondiente para cada tratamiento.

Las variables a evaluar fueron: altura de planta, longitud de la raíz, número de frutos por planta, peso fresco y seco de la planta y rendimiento por planta. Así mismo se evaluó cualitativamente el picor de los chiles.

Preparación del Biofermento

Para la preparación del biofertilizante se utilizaron desechos orgánicos como agua, estiércol de vaca, melaza, cenizas, harina de pescado, plátano, suero de leche y gallinaza, los materiales fueron vertidos en un contenedor plástico de 200 L, revolviendo hasta quedar mezclados homogéneamente. El contenedor se tapo y se colocó una manguera en la tapa, la cual se conectó a una botella con agua para la liberación de los gases. Dejándose reposar durante 30 días. Posteriormente, se procedió a la separación de las partes sólidas y líquidas a través de decantación y colado, siendo esta solución última la que se aplicó en forma foliar al cultivo.

Diagrama de la metodología a desarrollar

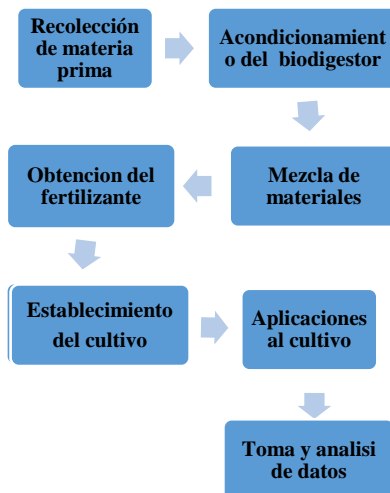


Figura 1

Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, con respecto a las variables longitud de raíz, peso seco, número de frutos y altura de planta no se encontraron diferencias entre las dosis aplicadas al cultivo, esto quizás se deba a que el biofermento está enriquecido con micronutrientes que afectan directamente la firmeza y calidad de los frutos. Con respecto al diámetro y grosor de la pulpa de los chiles del con la dosis del 30% se observó que este tratamiento sobresalió.

Como se puede observar en gráfico siguiente, las dosis no incidieron en el desarrollo del follaje y de la raíz, esto tal vez se deba a que el biofermento contiene mínimas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio (Gráfico 1).

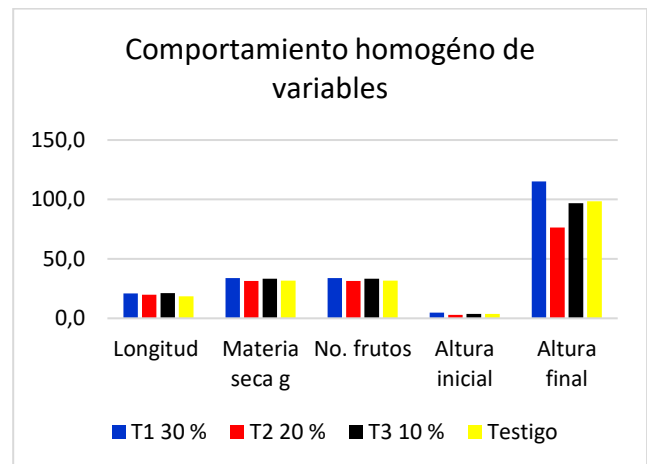


Gráfico 1 Comportamiento homogéneo de medias de tratamientos.

Sin embargo para peso del fruto y rendimiento si se presentaron diferencias entre tratamientos, datos que se pueden observar en los Gráficos 2, 3 y 4.

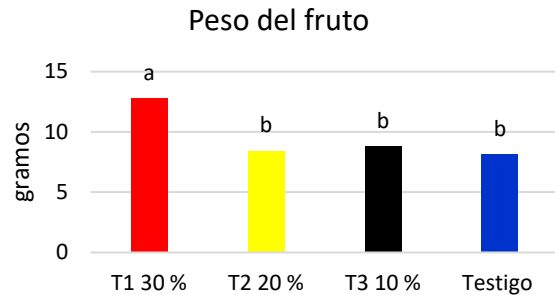


Grafico 2 Medias de la variable del peso del fruto.

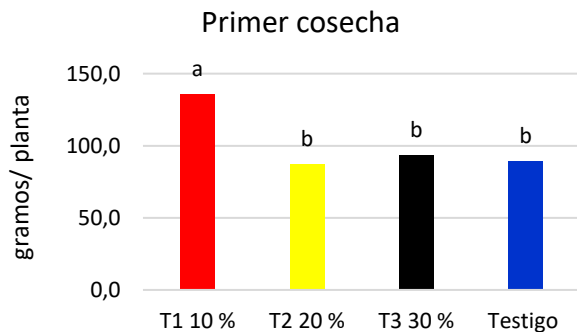


Grafico 3 Medias de rendimiento de cosecha.

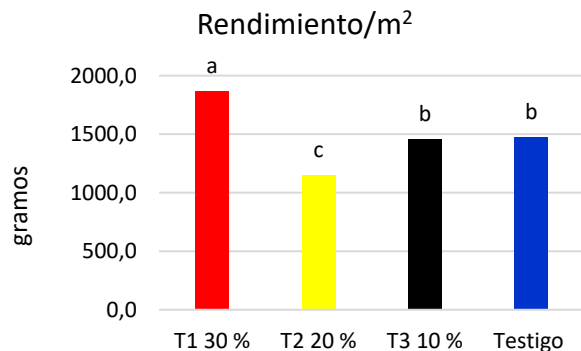


Gráfico 4 Rendimientos finales de cosecha.

De acuerdo a los datos de cosecha obtenidos, sí existió una diferencia entre los tratamientos. La aplicación foliar de la dosis al 30% de concentración del biofermento presentó un incremento en la cosecha del 36%, 21.8 % y 20.2 % con respecto a las concentraciones del biofermento a dosis de 20%, 10% y del testigo respectivamente.

De la evaluación cualitativa que se realizó al picor de los chiles, se determinó que los que chiles que fueron tratados con el biofermento son los más picosos y también se observó que el grosor de la pulpa fue superior en comparación con los chiles del testigo (de .3-.5 mm de diferencia entre las paredes de los chiles tratados con el biofermento y el testigo).

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra por el apoyo para el desarrollo de este proyecto.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados observados durante el experimento, el mejor tratamiento es la dosis utilizada al 30 %, mostrando mejores rendimientos de producción en planta, por lo que es recomendable la utilización de estadosis para la fertilización orgánica en cultivo de chile.

Referencias

Beltran M, F; Garcia H, J; Ruiz E, F. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 3 (7),143-149. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358643620015> Obtenido de:

Cano H, M; Bennet E, A; Silva G, E. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovina y porcina. Agrociencia, 50 (4). 471-479 Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30246030008>

Criollo H; Lagos T (2011) The effect of three liquid bio-fertilizers in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), *Agronomía Colombiana*, 29(3), 15-421, Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180322995009>

Grageda C, O; Díaz F, A (2012) Impacto de los biofertilizantes en la agricultura, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261-1274, Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123222015>

Morón R, A; Alayon G. J (2014), Productividad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México, *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3): 35-40.

Ramos A, D; Terry A, E (2014) Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas, *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59

SIAP. (2014) Márgenes de comercialización Chile jalapeño, SIAP. México, pp. 3

SIAP. (2010) Un panorama del cultivo del chile, SIAP. México, pp 3

Soria F, M; Ferrera C, R (2001) producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra*; 19 (4), 353-362.

Películas delgadas de SnS dopadas con Cu,Se para aplicaciones fotovoltaicas

GONZÁLEZ-GARZA, Jorge Oswaldo*†, GARCÍA-QUINÓNEZ, Linda Viviana, GARCÍA-GUILLEN, Grisel y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, Cristian

Universidad Politécnica de García (UPG); Porfirio Díaz # 106, Centro Villa de García (Casco), C.P. 66000, García, N.L., México

Universidad Politécnica de Apodaca (UPAP); Av. Politécnica Cruz con la carretera Miguel Alemán, km 24.5, C.P. 66600, Apodaca, N.L., México

Recibido 11 de Abril, 2017; Aceptado 16 de Junio, 2017

Resumen

En esta investigación se prepararon películas delgadas de SnS dopadas con Cu,Se, utilizando las técnicas de deposición por baño químico y evaporación térmica. Las películas delgadas fueron caracterizadas por medio de la técnica de difracción de rayos X, en donde se confirmó la presencia de la fase ortorrómbica de SnS con carta pdf#39-0354. La composición química de las muestras fue analizada a partir de un espectro general utilizando la técnica de fotoelectrones emitidos por rayos X, en donde se confirmó la presencia de los elementos Cu, Se, Sn y S. Las propiedades ópticas de las películas delgadas fueron medidas utilizando un espectrofotómetro UV-Vis-IR en el rango de 250 – 2500 nm. Las películas delgadas presentaron un coeficiente de absorción en rango de 10^{-4} – 10^{-5} (cm^{-1}), y brechas de energía de entre 1.1 y 1.3 eV para las muestras sin dopar y 0.9 eV para las muestras dopadas. Las propiedades eléctricas fueron determinadas utilizando un arreglo eléctrico, las muestras sin dopar presentaron conductividades en el rango de 9.66×10^{-7} – 3.82×10^{-4} ($\square\text{cm}^{-1}$), mientras que las muestras dopadas presentaron conductividades en el rango de 8.93×10^{-3} - 1.18×10^{-2} ($\square\text{cm}^{-1}$).

Sulfuro de Estaño, evaporación térmica, deposición por baño químico

Abstract

In this work we prepared Cu,Se doped SnS thin films by an hybrid method of chemical bath deposition and thermal evaporation. SnS thin films were characterized by X-Ray diffraction to determine the structural characteristics. The results showed the formation of orthorhombic SnS (pdf#39-0354). Chemical composition of the samples was measured by XPS, the general spectra showed the presence of Cu, Se, Sn and S elements on the samples. Optical properties of the samples were measured by using an UV-Vis-IR spectrophotometer in the range of 250 – 2500 nm. All thin films showed absorption coefficients in the range of 10^{-4} – 10^{-5} (cm^{-1}), also undoped SnS thin films showed band gaps of 1.1 to 1.3 eV, while Cu,Se SnS doped thin films showed band gaps near 0.9 eV. Electrical properties were measured by using an electrical array, undoped SnS thin films showed conductivities of 9.66×10^{-7} – 3.82×10^{-4} ($\square\text{cm}^{-1}$), while Cu,Se doped SnS thin films showed conductivities in the range of 8.93×10^{-3} - 1.18×10^{-2} ($\square\text{cm}^{-1}$).

Tin sulphide, thermal evaporation, chemical bath deposition

Citación: GONZÁLEZ-GARZA, Jorge Oswaldo, GARCÍA-QUINÓNEZ, Linda Viviana, GARCÍA-GUILLEN, Grisel y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, Cristian. Películas delgadas de SnS dopadas con Cu,Se para aplicaciones fotovoltaicas. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:40-47

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: davd_francom@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Second generation solar cells have attracted much attention due to the early success of CdTe, GaAs and $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$ as absorber materials in photovoltaic applications (Heriche, Rouabah, & Bouarissa, 2016; Ojo & Dharmadasa, 2016; Saravanan, Krishna Teja, Dubey, & Kalainathan, 2016). However, the main problems with these absorber materials are the scarcity of the constituent elements and high toxicity. Also, the deposition techniques used to prepare these materials, such as chemical vapor deposition, are expensive and in some cases, they generate toxic gases that are detrimental to the human beings. In this regard, alternative absorber materials such as $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, Sb_2S_3 , SnS, Cu_2SnS_3 , AgSbS_2 and SnSb_2S_4 have been investigated due to the availability of the constituent elements and low toxicity (Daniel, Henry, Mohanraj, & Sivakumar, 2016; Escorcia-García, Becerra, Nair, & Nair, 2014; Garcia-Angelmo, Nair, & Nair, 2014; Lee, Choi, Kim, Jeong, & Park, 2016; Marquez Prieto et al., 2016; Rabeh, Khedmi, & Kanzari, 2015). These materials have excellent optoelectronic properties which make them suitable as absorbers in photovoltaic applications.

Justificación

The techniques of chemical bath deposition and thermal evaporation used to prepare the Cu,Se doped SnS thin films are relatively of low cost; also, the constituent elements of SnS thin films are not toxic and abundant on the earth crust. Besides, there are no reports of SnS thin films doped with Cu and Se.

Problema

SnS is a material with good optoelectronic properties so it can be used as absorber in photovoltaic structures.

However, the main problem with SnS is its low electrical conductivity, which decreases the short circuit current density and so the efficiency of photovoltaic structures. Copper and selenium are elements that are commonly used as doping elements for increasing the conductivity of semiconductors. However, selenium is mostly deposited by a selenization process in which toxic selenium vapor is generated and this vapor is detrimental for the human health.

Hipótesis

It is possible to prepare Cu,Se doped SnS by heating layered precursor structures consisting of chemically deposited SnS and thermally evaporated Cu after dipping in sodium selenosulfate solution for various durations, and tune the optoelectronic properties of the samples by controlling the Se content.

Objetivos

Objetivo General

Prepare and characterize Cu,Se doped SnS thin films by heating layered precursor structures consisting of chemically deposited SnS and thermally evaporated Cu after dipping in sodium selenosulfate solution for various durations, and study the effect selenium deposition time on the optoelectronic properties of SnS thin films.

Objetivos específicos

- Prepare Cu,Se doped SnS thin films by heating layered precursor structures consisting of chemically deposited SnS and thermally evaporated Cu after dipping in sodium selenosulfate solution for various durations.
- Determine the structural characteristics of the samples by XRD.

- Measure the composition of the samples by XPS.
- Determine the morphology of the samples by AFM.
- Measure the %T and %R of the samples by UV-Vis-IR spectrophotometry and calculate the absorption coefficient and band gap.
- Measure the electrical characteristics of the samples with an electrical array and calculate the conductivity.

Marco Teórico

SnS is a promising candidate for photovoltaic applications due to its good opto-electronic properties. SnS belongs to the family of the IV-VI compounds and crystalizes in orthorhombic or cubic structures when deposited via chemical bath deposition, depending on the bath conditions (García-Angelmo et al., 2014). It has a high absorption coefficient ($>10^4 \text{ cm}^{-1}$) and a direct bandgap in the range of 1.1 to 1.7 eV, depending on the crystal structure (García-Angelmo et al., 2014). Due to the high resistivity of the SnS thin films, some dopants such as Ag, Cu, In and Sb have been added to SnS thin films to improve their electrical properties (Kumar, Manohari, Dhanapandian, & Mahalingam, 2014). In this paper, we report the preparation of Cu,Se doped SnS thin films by heating multilayers of Glass/SnS/Cu/Se and study the effect of the selenium content on the electrical and optical properties of the material. The thin films formed under different conditions were characterized using X-ray diffractometer (XRD), Atomic Force Microscope (AFM), X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), UV-Vis-IR spectrophotometer and photocurrent set up.

Metodología de Investigación

Preparation of Cu,Se SnS thin films.

a) Deposition of SnS thin films

SnS thin films were deposited on clean glass substrates. The substrates were cleaned with neutral detergent, rinse with deionized water and dried with hot air. For the preparation of SnS thin films, 1 g of $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ was dissolved in 5 ml of acetone, and to this solution 12 ml of triethanolamine (3.7M) was added, followed by 65 ml of deionized water, 8 ml of tioacetamide (1M), and 10 ml of NH_3 (4M) (García-Angelmo et al., 2014). Cleaned glass substrates were placed vertically on a 100 ml beaker and the temperature was maintained at 40 °C for 23 h. Uniform SnS thin films of ~ 600 nm were obtained. The thickness was measure using an Ambios XP-200 Stylus profilometer.

b) Deposition of Cu thin films

On the top of Glass/SnS thin films, copper was deposited by thermal evaporation. For this, copper wire with a purity of 99.999% was evaporated onto Glass/SnS thin films using a high vacuum thermal evaporation system (INTERCOVAMEX-TE12P). Thickness of copper layer was measured using a quartz crystal thickness monitor incorporated in the deposition system. The copper thickness deposited was 30 nm.

c) Selenization

The samples of Glass/SnS/Cu were selenized using a solution method at room temperature conditions. Selenium bath was prepared by dissolving 2.2 ml of acetic acid (25% volume) in 37.8 ml of deionized water at room temperature. Then, 7 ml of 0.1 M Na_2SeSO_3 was dissolved in 33 ml of deionized water and finally both solutions were mixed in a 100 ml beaker (González et al., 2014).

Glass/SnS/Cu multilayers were placed vertically in the solution for different durations of 30 min, 1 and 2 h.

d) Heating

The selenized multilayers, Glass/SnS/Cu/Se were heated at 350 °C for 1 h, in low vacuum at 10^{-3} torr (TMVacuum products model No V/IG-803-14).

e) Characterization

X-ray diffraction (XRD) patterns of the thin films were recorded on a Panalytical Empyrean diffractometer using Cu $K_{\alpha 1}$ radiation ($\lambda = 1.54059 \text{ \AA}$). The scan range (2θ) was $10 - 90^\circ$. Elemental analysis was done using a thermo scientific XPS (K-alpha). Morphological studies were done using an AFM (NT-MDT). The optical transmittance (T) and specular reflectance (R) of the films were recorded using a Jasco V-770 spectrophotometer in the $300 - 2500 \text{ nm}$ wavelength range. Electrical measurements were carried out using Keithley 6487 Picoammeter/Voltage source interfaced with a computer. For the DC conductivity measurements, the contacts used were two planar electrodes of 3 mm in length and 3 mm in separation using carbon paint. The light source used was a tungsten halogen lamp and the intensity was 870 W/m^2 .

Tipo de Investigación

Scientific research

Resultados

Figures 1(a) and (b) show the XRD patterns of as deposited and heat treated SnS thin films, respectively. In the figure, we can observe major peaks at 2θ angles of 21.93° , 26.08° , 30.69° and 31.65° , corresponding to the planes (110), (120), (101) and (111), respectively; these peaks match the standard of SnS (pdf#39-0354).

The grain size of these thin films was calculated using the Sherrer's equation (Lakhe & Chaure, 2014):

$$D = 0.9\lambda/\beta\cos\theta \quad (1)$$

Where λ is the X-ray wavelength, β is the line broadening at half the maximum intensity and θ is the Bragg angle. The calculated grain size were 11 and 16 nm for the as-deposited and heat treated SnS thin films, respectively. The increase in size is due to the heat treatment.

Figure 1(c), (d) and (e) show the XRD patterns of heat treated Cu,Se doped SnS thin films with 30 min, 1 h and 2 h of selenium, respectively. From the figure, we can observe intense peaks at 2θ : 22° , 26.13° , 30.46° and 31.48° corresponding to the planes (110), (120), (101) and (111), respectively; these peaks match the standard of SnS (pdf#39-0354). When incorporating Cu and Se to the SnS thin films no new peaks were observed, indicating that the incorporation of Cu and Se neither change the structure of SnS nor resulted in the formation of new phases. The grain size for these samples was $\sim 17 \text{ nm}$.

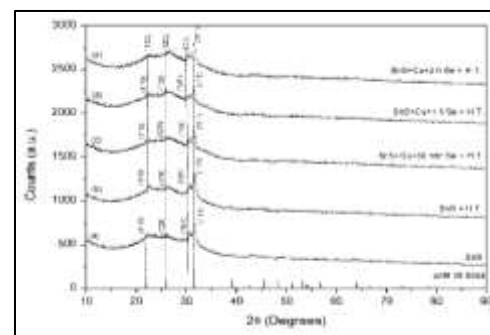


Figure 1 XRD patterns for multilayers of (a) as-deposited SnS thin films, (b) heat-treated SnS thin films, (c) Cu + Se (30 min) + SnS + H.T. thin films, (d) Cu + Se (1 h) + SnS + H.T. thin films and (e) Cu + Se (2 h) + SnS + H.T. thin films.

In figure 2(a), (b), (c), (d) and (e) show the XPS survey for as-deposited SnS, heat treated SnS, Cu-Se(30min) doped SnS, Cu-Se(1h) and Cu-Se(2h) doped SnS samples, respectively. In figure 2(a) and (b), the binding energy peaks of Sn 3s, 3p, 3d, 4s, 4d, and S 2s, 2p were identified, confirming the presence of these elements on the surface of the sample, along with C 1s and O 1s which can be attributed to the exposure of the samples to the atmosphere. In figure 2(c), (d) and (e), in addition to Sn, S, C and O peaks, we also observe the presence of Cu 2p, 3p and Se 3s, 3p, 3d.

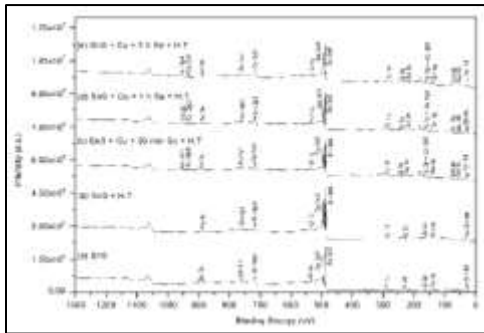
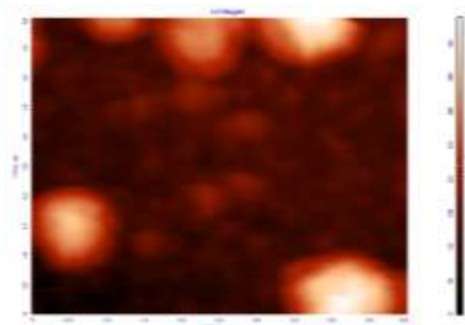


Figure 2 XPS survey spectrum of multilayers of (a) as-deposited SnS thin films, (b) heat-treated SnS thin films, (c) Cu + Se (30 min) + SnS + H.T. thin films, (d) Cu + Se (1 h) + SnS + H.T. thin films and (e) Cu + Se (2 h) + SnS + H.T. thin films.

The chemical composition the samples was measured by XPS. As-deposited SnS and heat treated SnS samples showed nearly the same composition with SnS ~ 60 at% and S ~ 40 at%. For Cu,Se doped SnS thin films, the S at% remained constant as 40%, however Sn at% reduced to ~ 40% as Cu and Se were incorporated, suggesting substitution of Sn atoms by Cu atoms as both have similar ionic radii (~70 pm). Also, the selenium content increased from 16.30 to 19.23 at% as the deposition time was increased from 30 min to 2 h.

Morphology of heat treated SnS and Cu,Se(30min) doped SnS, are depicted in figure 3(a) and (b), respectively. From the figure, we can observe compact structures with spherical interconnected grains and grain boundaries well defined, also large grains were observed that consisted of small grains; in the case of 3(b) flakes were also observed. No pin holes were observed in any sample.

a)



b)

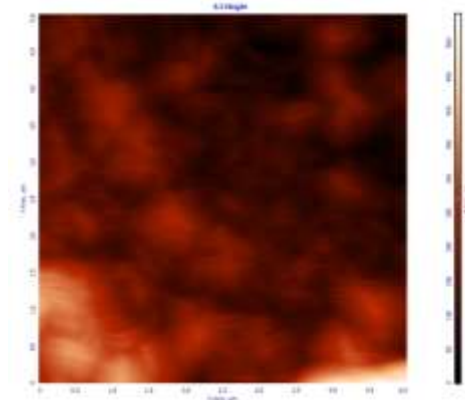


Figure 3 Atomic force micrographs of multilayers of (a) heat-treated SnS thin films (5mm), (b) Cu + Se (30 min) + SnS + H.T. thin films (5mm).

Figure 4 (a), (b), (c), (d) and (e) show the optical transmission (%T) and reflection (%R) spectra of as-deposited SnS, heat treated SnS, Cu,Se(30 min) doped SnS, Cu,Se(1 h) doped SnS and Cu,Se(2 h) doped SnS, respectively, recorded over a wavelength range of 250 - 2500 nm.

Using the transmission (%T) and reflection (%R) values from the spectra, absorption coefficient (α) at each wavelength was calculated using the following relation (González et al., 2014):

$$\alpha = 1/d [(1 - R)^2/T] \quad (2)$$

Where, d is the thin film thickness and the value was ~ 600 nm for un-doped samples and ~ 700 nm for the doped ones. In figure 4(f), we can observe that all the samples show an indirect transition with an absorption coefficient $\alpha \sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$ in the visible range. From the spectra, the optical band gap of the thin films was evaluated using the formula (González et al., 2014):

$$(\alpha h\nu)^n = A(h\nu - E_g) \quad (3)$$

where E_g is the optical band gap and “n” can take the values of 2, 1/2, 2/3 for allowed direct, allowed indirect and forbidden direct transitions, respectively, α is the absorption coefficient at frequency ν and A is a constant. Figure 4 (g) shows the Tauc plots for all the samples. From the figure, we observe that all samples show indirect allowed transitions, as-deposited SnS shows a band gap of ~ 1.25 eV, when a heat treatment is applied to the sample the band gap decreases to 1.1 eV which can be attributed to the increase in grain size; when Cu and Se are added to the sample we observe a band gap of ~ 0.9 eV.

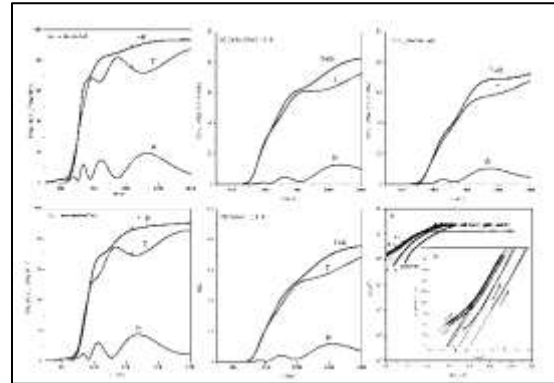


Figure 4 Optical characteristics: transmittance (%T), reflectance (%R) and transmittance + reflectance (%T + %R) for (a) as-deposited SnS thin films, (b) heat-treated SnS thin films, (c) Cu + Se (30 min) + SnS + H.T. thin films, (d) Cu + Se (1 h) + SnS + H.T. thin films and (e) Cu + Se (2 h) + SnS + H.T. thin films; (f) absorption coefficient (g) Tauc plots.

The type of conductivity was determined using the hot probe method. All samples show p-type conductivity. P-type conductivity for Cu,Se doped SnS thin films may be to the presence of defects of selenium interstitials as reported by K. Bindu et al. (González et al., 2013).

Figure 5 shows the photocurrent response curve for all samples. To measure the photo-generated current, a bias voltage of 10 V was applied and the current through the sample was measured for a period 20 s under dark (I_0), 20 s under illumination (I) and 20 s after switching off the illumination. We observe that as-deposited SnS sample showed a high resistivity in the order of $\sim 10^{-7} (\Omega \text{ cm})^{-1}$, when a heat treatment was applied to the sample an increase in conductivity was observed $\sim 10^{-4} (\Omega \text{ cm})^{-1}$ which can be attributed to the increase in grain size. In the case of samples of Cu,Se doped SnS, we observed conductivities in the range of $10^{-3} - 10^{-2} (\Omega \text{ cm})^{-1}$, also the conductivity increased as the selenium content in the sample increased confirming the suggestion that the type of defects present in the sample are selenium interstitials.

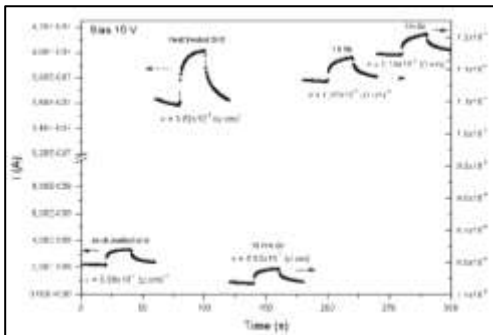


Figure 5 Photocurrent response

Conclusiones

In this work, we prepared Cu,Se doped SnS thin films by heating multilayers of Glass/SnS/Cu/Se at 350 °C for 1 h in vacuum. Different techniques were used to determine the structure, morphology, optical and electrical properties of these thin films. XRD showed the formation of SnS thin films for all samples. AFM showed compact structures and no pin holes were observed. All samples showed indirect allowed transitions, when Cu and Se were added to the samples the band gap was reduced to 0.9 eV. All samples showed p-type conductivity and increased as the selenium content in the samples increased. The optical and electrical properties of the Cu,Se doped SnS thin films make them suitable for photovoltaic applications.

Agradecimientos

The main author is thankful to FIME UANL for letting him prepare and characterize all samples in its labs. The main author is especially thankful to Dr. Bindu, Dr. Sahji and Dr. David for their support. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Referencias

Daniel, T., Henry, J., Mohanraj, K., & Sivakumar, G. (2016). AgSbS₂ and Ag₃SbS₃ absorber materials for photovoltaic applications. *Materials Chemistry and Physics*, *181*, 415-421. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2016.06.077>

Escorcia-García, J., Becerra, D., Nair, M. T. S., & Nair, P. K. (2014). Heterojunction CdS/Sb₂S₃ solar cells using antimony sulfide thin films prepared by thermal evaporation. *Thin Solid Films*, *569*, 28-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2014.08.024>

García-Angelmo, A. R., Nair, M. T. S., & Nair, P. K. (2014). Evolution of crystalline structure in SnS thin films prepared by chemical deposition. *Solid State Sciences*, *30*, 26-35. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2014.02.002>

González, J. O., Shaji, S., Avellaneda, D., Castillo, A. G., Roy, T. K. D., & Krishnan, B. (2013). AgSb(S_xSe_{1-x})₂ thin films for solar cell applications. *Materials Research Bulletin*, *48*(5), 1939-1945. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.materresbull.2013.01.040>

González, J. O., Shaji, S., Avellaneda, D., Castillo, G. A., Das Roy, T. K., & Krishnan, B. (2014). Photovoltaic structures using AgSb(S_xSe_{1-x})₂ thin films as absorber. *Applied Physics A*, *116*(4), 2095-2105. doi: [10.1007/s00339-014-8411-6](http://dx.doi.org/10.1007/s00339-014-8411-6)

Heriche, H., Rouabah, Z., & Bouarissa, N. (2016). High-efficiency CIGS solar cells with optimization of layers thickness and doping. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, *127*(24), 11751-11757. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.09.071>

Kumar, K. S., Manohari, A. G., Dhanapandian, S., & Mahalingam, T. (2014). Physical properties of spray pyrolyzed Ag-doped SnS thin films for opto-electronic applications. *Materials Letters*, *131*, 167-170. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.186>

Lakhe, M., & Chaure, N. B. (2014). Characterization of electrochemically deposited CuInTe₂ thin films for solar cell applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *123*, 122-129. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2014.01.008>

Lee, J. H., Choi, H. J., Kim, W. M., Jeong, J. H., & Park, J. K. (2016). Effect of pre-annealing on the phase formation and efficiency of CZTS solar cell prepared by sulfurization of Zn/(Cu,Sn) precursor with H₂S gas. *Solar Energy*, *136*, 499-504. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2016.07.031>

Marquez Prieto, J. A., Levchenko, S., Just, J., Hampel, H., Forbes, I., Pearsall, N. M., & Unold, T. (2016). Earth abundant thin film solar cells from co-evaporated Cu₂SnS₃ absorber layers. *Journal of Alloys and Compounds*, *689*, 182-186. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.07.293>

Ojo, A. A., & Dharmadasa, I. M. (2016). 15.3% efficient graded bandgap solar cells fabricated using electroplated CdS and CdTe thin films. *Solar Energy*, *136*, 10-14. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2016.06.067>

Rabeh, M. B., Khedmi, N., & Kanzari, M. (2015). Vacuum annealing effects on the structural and optical properties of SnSb₂S₄ thin films fabricated by thermal evaporation technique. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, *126*(21), 3104-3109. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.07.093>

Saravanan, S., Krishna Teja, T., Dubey, R. S., & Kalainathan, S. (2016). Design and analysis of GaAs thin film solar cell using an efficient light trapping bottom structure. *Materials Today: Proceedings*, *3*(6), 2463-2467. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2016.04.163>

Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, *Poaceae*) en Jalisco

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel

Universidad de Guadalajara. Carr. Guadalajara-Nogales km 15.5, Nextipac, Zapopan, Jalisco

Recibido 11 de Abril, 2017; Aceptado 16 de Junio, 2017

Resumen

El sorgo forrajero se siembra en 375,000 ha anuales en México. Jalisco tiene 350,000 cabezas de bovinos que requieren forraje. El sorgo es para ensilaje, verde o henificado. Es opción si hay humedad insuficiente para el maíz. El objetivo fue identificar la calidad forrajera de híbridos de sorgo del CUCBA. En junio de 2015 se sembraron en Zapopan, Jalisco, en temporal, diez híbridos forrajeros experimentales y cuatro testigos comerciales, dos repeticiones, diseño completamente aleatorio. Las variables: materia seca, fibras detergente neutro y ácido, lignina, proteína cruda, digestibilidad, rendimiento verde, altura, acame y días a floración. Los experimentales sobresalientes A102xRG311, A102xR3011 y A101xR3011 presentaron digestibilidad (63-69%), materia seca (64-79%), fibra detergente neutro (49%), rendimiento verde (44-48 t/ha) y tolerancia al acame, valores comparables o mejores al mejor testigo Dale. Con los experimentales selectos se obtuvo mejora en más fibra detergente neutro y menor fibra detergente ácido, más proteína en dos de los tres híbridos, menor tamaño de planta y más tolerancia al acame. El rendimiento verde de los híbridos puede aumentarse con mayor densidad de siembra, porque son tolerantes al acame. La digestibilidad del material experimental estuvo al nivel de los testigos.

Materia seca, digestibilidad, rendimiento verde

Abstract

Forage sorghum is planted in México in 375,000 ha annually. In Jalisco, there are about 350,000 bovine as well as other ruminants. Sorghum is used as silage, green chopped or hay. The aim of this work was to determine forage quality in sorghum forage hybrids obtained at CUCBA. Planting of ten experimental hybrids and four varieties as controls was done in July 15, 2015, in rainfed conditions. Experimental design was completely random with two replications. Variables were dry matter content, neutral and acid detergent fibers, lignine, crude protein, dry matter digestibility, green yield, plant height and lodging. Samples were cut 38 days after blooming and analyzed at the Animal Nutrition Lab. Outstanding experimental hybrids A102xRG311, A102xR3011 and A101xR3011 showed dry matter digestibility (63-69%), dry matter content (64-79%), neutral detergent fiber (49%), green yield (44-48 t/ha) and lodging tolerance, similar or above to the check Dale's figures. These hybrids provided better neutral detergent fiber, less acid detergent fiber, a higher level of protein, shorter stems and better lodging tolerance, than the varieties used as controls. Improved forage yields in hybrids can be achieved by a higher planting rate, as they are lodging tolerant. Dry matter digestibility in the hybrids remained at a similar level than the controls.

Dry matter, digestibility, green yield

Citación: JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel. Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, *Poaceae*) en Jalisco. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:48-58

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajc_swlabr@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El sorgo forrajero, que incluye los híbridos de *Sorghum bicolor*, el pasto Sudán *Sorghum sudanense* y los híbridos de *S. sudanense* x *S. bicolor*, se siembra en 230 000 ha de temporal y en 145 000 ha de riego. Chihuahua, Sinaloa y Nuevo León predominantemente de temporal; Coahuila y Sonora en forma predominante bajo riego, siembran el 70% (Améndola *et al.*, 2005). En Jalisco la superficie es menor debido a que existen buenas condiciones pluviométricas para cultivar maíz forrajero (http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf, consultado en enero 2017).

El sorgo es alimento para bovinos y otros rumiantes en forma de ensilaje o picado verde. Jalisco tiene 350,000 cabezas de ganado bovino y otros rumiantes que requieren volúmenes de forraje para su alimentación. Este cultivo puede producir forraje en tierras con humedad restringida, donde el maíz encuentra limitaciones para su producción. La ganadería demanda forraje de buena calidad para producción de leche o carne. El aumento en costos de producción y la necesidad de forrajes en cantidades suficientes para el ganado puede representar una limitación en la actividad pecuaria. Los ganaderos requieren una fuente de energía y fibra a un costo razonable y en volúmenes adecuados a su explotación. En los lugares donde se requiere un uso eficiente del agua, o donde es costoso producir otros forrajes, una opción viable puede ser el sorgo forrajero, cuya semilla es más económica, requiere menos humedad que otros cultivos, y por ser una planta C4 tiene una importante capacidad para acumular biomasa.

Justificación

Obtener material genético de sorgo disponible para empresas de semilla nacionales y asociaciones de productores organizados, para reducir costo de producción.

Problema

Costo de la simiente en dólares, costos de producción que limitan la utilidad del ganadero, necesidad de forraje de mejor calidad.

Hipótesis

Los híbridos forrajeros de sorgo tienen mayor capacidad de producción y calidad que las variedades en uso presente.

Objetivos

Objetivo general

Documentar características agronómicas y forrajeras de material genético de sorgo del Programa de Mejoramiento del CUCBA para el occidente de México.

Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento y caracteres agronómicos de los sorgos para forraje.
- Determinar la calidad del forraje de los sorgos híbridos en comparación a variedades testigo, para alimentación de rumiantes.

Marco teórico

Contenido y digestibilidad de la materia seca. La materia seca es el total de compuestos que la planta acumula en función de su metabolismo específico. Incluye carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, etc. La determinación de la materia seca se realiza en los forrajes que tienen un contenido de agua muy variable.

Algunas plantas contienen grandes cantidades de aceites esenciales, terpenos y otras sustancias volátiles que pueden perderse durante la desecación (Pond y Church, 2003). Las técnicas *in vitro* para digestibilidad requieren el sustrato o forraje, la saliva artificial o una solución buffer de minerales y el inoculo ruminal. La técnica propuesta por Tilley y Terry (1963) involucra una incubación con líquido ruminal durante 48 horas para digerir la fibra y una segunda etapa de digestión con toxina ácida para reproducir la degradación de las proteínas del alimento, por bacterias y por enzimas digestivas del abomaso de los rumiantes.

Carbohidratos estructurales. Los carbohidratos son compuestos químicos neutros que contienen carbono, oxígeno y nitrógeno. Los carbohidratos representan entre el 50 y 80 % de la materia seca del forraje y los granos. Son la principal fuente de energía en un forraje. Los polisacáridos estructurales son la celulosa y hemicelulosa, que pueden asociarse con la lignina. Estas son las fibras de la pared celular que aportan fuerza a la estructura de la planta. La celulosa es el carbohidrato más abundante en la naturaleza. La población microbiana del rumen tiene las enzimas necesarias para extraer glucosa de la celulosa y de la hemicelulosa. La disminución de lignina en la biomasa lignocelulósica de los vegetales, puede incrementar la digestibilidad del forraje para el ganado rumiante. En sorgo y otros pastos C4, los mutantes de nervadura café muestran una reducida concentración de lignina (Sattler *et al.*, 2014), lo que los hace de gran utilidad en la alimentación animal.

Materiales y Métodos

Materiales genéticos. Los híbridos de sorgo se formaron en el verano 2014, por medio de androesterilidad génico-citoplásmica en las líneas hembra cruzadas con machos forrajeros restauradores de la fertilidad masculina.

En 2015 se evaluaron 10 genotipos de sorgo forrajero. Se incluyeron cuatro variedades forrajeras como testigos.

HEMBRA	MACHO	TESTIGOS
A103	R3011	Theiss
A101	R901	Topper
A101	R3011	Dale
A101	R904	Tx2989
A021	R3011	
A021	RG311	
A102	R902	
A102	R901	
A102	R3011	
A102	RG311	

Tabla 1 Híbridos de sorgo evaluados y variedades testigo.

Métodos. Se obtuvieron muestras de 5 plantas completas en la etapa de grano lechoso-masoso. El material vegetal se cortó a un tamaño aproximado de 2.5 x 2.5 cm, se colocó en bolsa de plástico cerrada hermética y las muestras se llevaron al Laboratorio de Calidad de Alimentos del Departamento de Producción Animal, para determinar la calidad del forraje. Las variables agronómicas analizadas fueron rendimiento verde (RVE), altura de planta (ALT), tolerancia al acame (ACA) y días a floración (DF). Las variables de calidad consideradas fueron contenido de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), lignina (LIG), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIV).

Para el análisis de calidad del forraje se siguieron las metodologías anotadas en la tabla 2.

Variable	Método	Referencia
Materia seca	Secado y diferencia de peso	Hernández <i>et al.</i> (2008)
Proteína cruda	Kjeldahl	Hernández <i>et al.</i> (2008)
Fibra detergente neutro	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968, 1991)
Fibra detergente ácido	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968, 1991)
Lignina detergente neutro	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968, 1991)
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	Digestión de forrajes	Tilley y Terry (1963)

Tabla 2 Métodos para determinar calidad de forraje

Diseño experimental. La información de campo y de laboratorio se procesó de acuerdo con el diseño Completamente Aleatorio, con dos repeticiones (Steel y Torrie, 1960). Se utilizó el análisis de varianza, que detecta diferencias significativas entre tratamientos, asigna diferencias a otras fuentes de error como los sujetos, los grupos, los períodos y causas aleatorias, las cuales son el error experimental. La prueba de rango múltiple de Tukey (Steel y Torrie, 1960) se usa para hacer un número elevado de comparaciones. El valor para realizar las comparaciones, se nombra Diferencia Mínima Significativa de Tukey.

Desarrollo del experimento. En el Campo Experimental del CUCBA, en el municipio de Zapopan, Jalisco (20°25'30'' a 20°57'00'' N, 103°19'30'' a 103°39'20'' W, 1,548 metros sobre el nivel del mar), se sembraron en junio de 2015, en condiciones de temporal, 14 genotipos de sorgo en parcelas de dos surcos de cuatro metros de largo.

El cultivo se manejó en forma similar a las siembras comerciales. La densidad de población aproximada fue de 210,000 plantas ha⁻¹, la fertilización fue 100-50-00. Durante el desarrollo del sorgo se obtuvieron los datos agronómicos. Entre 35 y 38 días después de la floración, en la etapa fenológica del grano en estado lechoso-masoso, se cortaron las plantas en dos m², al eliminar las orillas en ambos extremos de cada parcela, en esta forma se obtuvo el rendimiento verde. Enseguida se obtuvieron muestras de cinco plantas de cada genotipo. Las plantas completas se cortaron a un tamaño aproximado de 2.5x2.5 cm, el material se homogeneizó, una muestra de un kilogramo se colocó en bolsas de plástico que se cerraron herméticas, y se llevaron al Laboratorio de Nutrición Animal del CUCBA para efectuar los análisis. Para obtener el líquido ruminal necesario en la determinación de digestibilidad *in vitro*, una parte de la cosecha de sorgo se utilizó en forma posterior para alimentar por un mes un macho de raza Pelibuey, más suplementos nutricionales, para adecuar la flora del rumen a la digestión del forraje de sorgo.

Resultados

Análisis de variables agronómicas. La tabla 3 muestra los cuadrados medios y la significancia estadística para las variables agronómicas observadas. Se identificó significancia estadística $p \leq 0.05$ en las cuatro variables estudiadas.

Fuente de variación	Rend. verde ton ha ⁻¹	Altura de planta cm	Tolerancia a acame	Días a flor
Genotipos	230.89*	483.95*	4.18*	9.41*

significativo $p \leq 0.05$.

Tabla 3 Cuadrados medios de variables agronómicas en 14 genotipos de sorgo forrajero

Análisis de variables de calidad de forraje. La tabla 4 contiene los cuadrados medios y la significancia de las estimaciones de calidad de forraje. Se encontró significancia estadística a la probabilidad $p \leq 0.05$ en todos los caracteres considerados.

Fuente de variación	DIV %	MS %	FDN %	FDA %	LIG %	PC %
Genotipos	42.2*	10.8*	59.4*	40.0*	8.4*	8.8*

* significativo $p \leq 0.05$.

DIV=digestibilidad in vitro de la materia seca; MS=materia seca; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; LIG=lignina; PC=proteína cruda.

Tabla 4 Cuadrados medios de variables de calidad de forraje en 14 genotipos de sorgo

Valores observados en los caracteres agronómicos. En la tabla 5 se anotan los datos que corresponden a los caracteres agronómicos de los sorgos evaluados.

Entre los híbridos sobresalientes, A102xR901 obtuvo una producción verde de 69.2 ton ha⁻¹, que en forma estadística fue más elevada que el resto de los sorgos. A102xRG311, A102xR3011 y A101xR3011 presentaron rendimiento verde (43.7 a 48.0 ton ha⁻¹) comparable estadísticamente al mejor testigo Dale (46.4 ton ha⁻¹), aunque produjeron menos que Topper (58.7 ton ha⁻¹).

Genealogía	Rend. verde ton ha ⁻¹	Altura planta cm	Tolerancia a acame 1-10	Días a flor
Dale	46.4 g	210 bc	9.5 a	83 ab
Topper	58.7 bcd	216 bc	6.5 c	83 ab
(A021 x R3011)	54.2 de	207 bc	7.5 b	84 ab
(A102 x RG311)	43.7 g	196 c	9.0 ab	82 b
(A102 x R901)	69.2 a	208 bc	9.5 a	81 b
Tx2989	59.2 bc	219 abc	5.0 c	83 ab
Theiss	51.4 ef	212 bc	7.0 cb	78 c
(A021 x RG311)	52.0 e	194 c	9.0 ab	82 b
(A102 x R3011)	43.5 g	206 bc	8.5 ab	82 b
(A101 x R904)	48.0 fg	247 a	7.5 b	84 ab
(A102 x R902)	24.0 h	226 ab	6.5 c	81 b
(A101 x R3011)	48.0 fg	212 bc	7.0 cb	78 c
(A101 x R901)	69.2 a	204 bc	9.5 a	83 ab
(A103 x R3011)	52.6 e	184 d	9.5 a	88 a

Tukey 0.05 4.7 28.2 2.3 5.6

x̄ experimento 49.2 209.2 7.7 82.6

Tabla 5 Valores observados en variables agronómicas de 14 genotipos de sorgo forrajero

La altura de planta de los experimentales sobresalientes, se encontró entre 196 y 212 cm, cercana a los testigos Dale y Topper (210 y 216 en forma respectiva).

Estos tamaños de planta no representaron problema de acame (calificación entre 7 y 9), excepto en el testigo Topper, que tuvo más plantas caídas (calificación 6.5). La madurez fue similar entre todos los sorgos evaluados (83 a 88 días a floración), excepto en A101xR311 y el testigo Theiss (78 días a floración).

Valores observados en los caracteres de calidad de forraje. La tabla 6 contiene las observaciones sobre calidad de los 14 sorgos estudiados. Se observa que los híbridos experimentales A102xRG311, A102xR901, A102xR3011 y A101xR3011 obtuvieron los mejores valores. La digestibilidad de los cuatro experimentales mencionados (63 a 68.8%) fue, en forma estadística, igual a la de los testigos (67.7 a 75.2%). El contenido de materia seca de los mejores materiales experimentales varió de 63.5 a 69.6%, mientras los dos mejores testigos Dale y Topper, presentaron 65.7 y 66.5%; en este carácter, A101xR3011 fue superior (69.6%) a todos los sorgos evaluados, en contraste, A102xR901 fue el experimental con menos materia seca. La proporción de fibra detergente neutro de los híbridos (entre 49.1 y 56.3%) resultó mayor comparada con 37.4 y 36.8% de los testigos indicados. En fibra detergente ácido, los mejores experimentales se encontraron en el rango 31.0 a 38.9%, que fue inferior a la de las variedades testigo (35.5 a 47.2%). El contenido de lignina también se observó menor en los híbridos destacados (4.1 a 7.8%), que en las variedades referencia (7.6 a 9.6%), excepto A101xR3011 que tuvo 10.3%. Los valores de proteína cruda en los experimentales de mejor comportamiento (5.2 a 7.8%), fue comparable con la de los testigos (5.7 a 6.6%). El mayor contenido proteico se encontró en el híbrido A101xR3011 (11.0%), superior a todo el material evaluado, y A102xR901 (4.1%) obtuvo el valor más bajo.

Genealogía	DIV %	MS %	FDN %	FDA %	LIG %	PC %
Dale	75.2 a	65.7 bcde	37.4 d	35.5 bcd	7.6 b	5.7 d
Topper	73.8 ab	66.5 bcde	46.8 bc	47.2 a	9.6 ab	6.6 c
(A021 x R3011)	71.2 ab	67.1 bc	44.2 bc	33.9 bc	9.0 ab	4.9 d
(A102 x RG311)	68.8 abc	63.5 g	48.3 bc	33.7 bcd	7.8 b	7.5 c
(A102 x R901)	68.4 abc	59.6 h	51.3 ab	38.5 bcd	9.2 ab	4.1 e
Tx2989	68.0 abc	65.6 def	47.2 bc	27.7 e	13.1 a	10.4 ab
Theiss	67.7 abc	65.0 f	47.2 bc	34.5 bcd	7.8 b	4.8 d
(A021 x RG311)	66.9 abc	65.1 ef	51.6 ab	33.8 bcd	8.0 ab	5.7 d
(A102 x R3011)	65.9 abc	67.0 bcd	49.1 bc	31.0 bcd	4.1 c	5.2 d
(A101 x R904)	64.8 abc	65.1 ef	52.9 ab	38.5 bc	8.8 ab	4.5 d
(A102 x R902)	63.2 abc	67.2 b	50.2 ab	36.3 bcd	7.6 b	5.6 d
(A101 x R3011)	63.0 abc	69.6 a	56.3 a	38.9 b	10.3 ab	11 a
(A101 x R901)	62.8 abc	63.3 g	36.5 d	36.5 b	7.7 b	6.1 cd
(A103 x R3011)	57.9 c	65.0 f	49.4 ab	38.8 a	9.5 ab	4.8 d

Tukey 0.05 4.5 1.4 6.9 5.5
5.1 1.7

\bar{x} experimento 65.7 65.1 48.7 35.2
8.6 6.2

DIV = Digestibilidad *in vitro* de MS; MS = Materia seca; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LIG = Lignina; PC = Proteína cruda.

Tabla 6 Valores observados en variables de calidad de 14 genotipos de sorgo forrajero.

Comportamiento de híbridos experimentales sobresalientes. Esta sección solo comprende el comportamiento de los tres materiales experimentales de mayor interés y los testigos (tabla 7).

Discusión

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca. La literatura consigna digestibilidad *in vitro* en sorgos normales de 49.3 a 66.8% (Vargas Rodríguez, 2005); 58.4% (Portillo *et al.*, 2014); 59% (Hernández Espinal *et al.*, 2010); 60.8% (Kumari *et al.*, 2015); y 75.5%

(<http://amarillo.tamu.edu>, consultado en enero 2017). Los resultados del presente trabajo indican que los híbridos experimentales destacados (63 a 69%) son comparables o mejores en digestibilidad a los sorgos para forraje evaluados por otros autores. En los sorgos de esta investigación, no se encontró una asociación definida en las regresiones entre DIV y FDN ($b=-0.45602$ ns) ni en DIV y FDA ($b=0.14521$ ns). También se observó que los híbridos A021xR3011, A102xR3011, A102xRG311 y A102xR901 con los valores más altos de digestibilidad, tuvieron cantidades variables de materia seca (de 59.6 a 69.6%), lo cual coincide con lo encontrado por Wiersma *et al.* (1993), Núñez (1999) y Laurer *et al.* (2001) en maíz, quienes señalan que, en los genotipos de alto rendimiento, no siempre existe asociación completa entre materia seca y calidad o valor energético del forraje.

Materia seca. Se considera que el contenido de materia seca son todos los compuestos que la planta acumula de acuerdo con su genética y su metabolismo (Pond y Church, 2003). En la medida que haya más materia seca, se espera que existan más nutrientes disponibles para el ganado. En la presente investigación (Cuadro 4.3), todos los híbridos experimentales de sorgo mostraron una capacidad similar a los testigos en acumulación de materia seca (63.5 a 69.6%). Sin embargo, solo A102xR901 tuvo alto rendimiento de forraje verde (Tabla 4.3).

En México, varios autores informan sobre rendimiento verde de sorgos forrajeros, que varía desde 26 ton ha⁻¹ (Hernández Espinal *et al.*, 2011) en Sinaloa en temporal de 500 mm, hasta 80 ton ha⁻¹ (Núñez Hernández *et al.*, 2006), en La Laguna, Coahuila, en condiciones de riego. El trabajo que aquí se discute se realizó en Zapopan, Jalisco, con una precipitación aproximada de 800 mm, por lo que el rendimiento verde se encuentra intermedio al de los citados autores. En la India, Kumari *et al.* (2015) informan sobre producciones de materia verde de 80 ton ha⁻¹.

El contenido de materia seca varía con la edad la planta al corte y con la naturaleza del tallo de la planta. Los sorgos con tallo seco, a diferencia de los de tallo jugoso, por lo general elevan la cantidad de la materia seca en un tiempo más corto cuando maduran (Zago, 1991). En el presente estudio la madurez de la planta se midió como días floración, carácter que presentó diversidad entre los híbridos y las variedades testigo (Cuadro 4.3), en un rango de 78 a 88 días de diferencia. En un ciclo vegetativo de aproximadamente 120 días, diez días de diferencia en maduración pueden originar diferente acumulación de material verde en la planta, lo cual podría explicar por qué algunos sorgos con diferente rendimiento verde tienen valores similares de materia seca.

Fibra detergente neutro. Portillo *et al.* (2014), al evaluar sorgos forrajeros normales, encontraron variación en FDN de 57.2 a 58.6 %. Vargas Rodríguez (2005) encontró valores de FDN entre 71.3 y 76.1% en sorgos forrajeros. En comparaciones de sorgos nevadura café con normales, existen niveles de FDN de 45.9 y 49.1%, en forma respectiva (<http://amarillo.tamu.edu>, consultado en enero 2017).

El rango de FDN encontrado en el trabajo que aquí se discute, fue de 36.5 a 56.3%, aunque los experimentales sobresalientes presentaron valores superiores a 48%, lo cual coincide con parte de la información de los investigadores citados.

La estimación de FDN es una técnica que hace posible la separación de las partes de la materia seca solubles y accesibles para el animal, de las que no son totalmente aprovechables (Tejada, 1985), pero FDN debe estar en balance con otros componentes nutricionales, como la proporción de grano en la panoja. En maíz forrajero, si existe más del 54% de su materia seca en la mazorca y la fibra detergente neutro es inferior a 50%, se logran buenos valores energéticos para el rumiante (Fonseca et al., 2000; Núñez *et al.*, 2003). En forma posterior, se haría necesario verificar la proporción de grano en los sorgos evaluados, para determinar hasta qué punto influye en la calidad del forraje y el contenido de FDN.

Fibra detergente ácido. El valor más alto en este carácter lo obtuvo el testigo Topper (47.2%). Los híbridos A102xR3011 (31%) y A102xRG311 (33.7%) obtuvieron la menor fibra detergente ácido. Junto con otras estimaciones de calidad, estos materiales experimentales resultaron de interés, ya que A102xR3011 posee además una alta DIV (71.2%), su contenido de MS (67.1%) es estadísticamente igual a los testigos y su FDN (56.3%) es superior a las variedades referencia. En el caso de A102xRG311, su DIV (68.8%) es similar a la de los testigos, en MS (63.5%) obtuvo un valor moderado, su nivel de FDN (48.3%) resultó igual a los mejores testigos. Portillo *et al.* (2014) informaron valores de FDA de 32.6% en sorgos nevadura café y 34.2% en sorgos normales. Otros investigadores encontraron FDA de 27.6% en sorgos nevadura café y 29.9% en sorgos normales (<http://amarillo.tamu.edu>, consultado en enero 2017).

Los valores encontrados en esta investigación en los materiales destacados (31 a 38.9%), son un poco más elevados a lo que consigna la literatura. El contenido de FDA aumenta cuando la humedad del suelo se restringe (Núñez *et al.*, 1999). Los sorgos de este trabajo, cosechados cerca del final de la temporada lluviosa, tuvieron menos humedad en el suelo, lo que puede explicar el alza en este carácter. La FDA se considera una estimación del contenido de celulosa más lignina; la diferencia entre FDA y LIG, es la proporción de celulosa que está presente en las fibras de la planta de sorgo. Un alto contenido de FDA es un indicador de la celulosa disponible para el rumiante, siempre que LIG muestre valores moderados. En esta investigación se encontró que los sorgos experimentales tienen valores altos de FDA y al mismo tiempo un contenido de LIG (4.1 a 9.2%) inferior a los testigos, por lo que puede esperarse una adecuada disponibilidad de celulosa para el ganado.

Lignina. Cuando la planta llega a su madurez, aumenta el contenido de fibra en el forraje debido a la presencia de lignina. Los niveles bajos de LIG y altos de FDA, dan lugar a los mejores valores de energía, que proviene de la digestibilidad, porque la energía es inversamente proporcional a la cantidad de fibra no digerible en el forraje (Núñez *et al.*, 1999). Entre los cuatro híbridos destacados, A102xR901 y A102xR3011 mostraron baja FDA (33.7 y 31.0% en forma respectiva) y baja LIG (7.8 y 4.1% en forma aludida); la literatura consigna valores de lignina en sorgos de nevadura café de 3.6 a 6.1%, y entre 4.4 y 7.8 en sorgos normales (Portillo *et al.*, 2014; <http://amarillo.tamu.edu>, consultado enero 2017); por lo tanto, estos dos experimentales se encuentran dentro del rango apropiado de LIG. En contraste, A102xR901 y A101xR3011 tuvieron valores moderados de FDA (38.5 y 38.9%) y altos en LIG (9.2 y 10.3%). No obstante, no se observó patrón definido entre DIV, FDA y LIG.

La regresión entre DIV y FDA fue $b=0.1421$ n.s. y DIV con LIG fue $b=0.00374$ n.s. En la alimentación del ganado se considera a la lignina como una fibra indigerible, por lo que se busca que esté en proporción baja. Desde el punto de vista estructural, la lignina proporciona soporte y rigidez al tallo para que la planta permanezca erecta, ya que el acame o vuelco es una limitación importante en la cosecha del sorgo. Se requiere un balance entre un bajo contenido de lignina para facilitar la digestibilidad de la materia seca y un nivel adecuado para evitar la caída de la planta. El genotipo con menor LIG fue A102xR3011 (4.1%), seguido por el experimental A102xRG311 (7.8%) y Theiss (7.8%). Al considerar LIG y DIV, ambos híbridos mencionados muestran similitud en digestibilidad (71.2 y 63% en forma respectiva) en contraste con los testigos, y a pesar de su baja lignina, ambos híbridos experimentales y la variedad testigo Dale muestran tolerancia a la caída de la planta, pero no el testigo Topper.

Proteína cruda. El sorgo es un cultivo que se considera tiene un bajo contenido de proteína, en comparación con las leguminosas o incluso otras gramíneas como el pasto ballico o ryegrass, que pueden tener el doble de proteína que el sorgo. Las evaluaciones del nivel de proteína en sorgos normales muestran valores de 4.7% (Dahlberg *et al.*, 2011); 5.1% (Portillo *et al.*, 2014); 5.2% (Montes *et al.*, 2005); 8.5% (<http://amarillo.tamu.edu>, consultado enero 2017); 9.5% (Hernández Espinal *et al.*, 2011); 9.5% (Kumari *et al.*, 2015); 11.5 a 14.8% (Vargas Rodríguez, 2005). En el presente estudio el rango de proteína fue de 4.1 a 11%, lo cual es comparativo con los resultados de los investigadores antes citados. Entre los híbridos experimentales relevantes, A101xR3011 fue el material con el nivel de proteína más alto (11%) del ensayo.

Conclusiones

Con los híbridos se obtuvo mejora en fibra detergente neutro y menor fibra detergente ácido.

Se elevó la proteína en dos de los tres mejores híbridos.

Se redujo el tamaño de planta y se mejoró la tolerancia al acame en el material sobresaliente.

El rendimiento verde de los híbridos aumentará con una mayor densidad de siembra, ya que presentan buena tolerancia al acame.

La digestibilidad de los híbridos experimentales se mantuvo al nivel de los testigos.

Referencias

- Améndola Massioti, R., E. Castillo Gallegos y P. A. Martínez Hernández. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros. http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/spanishtrad/mexico_sp/Mexico2_sp.html.
- Barrière, Y., C. Guillet, D. Goffner, and M. Pichon. 2003 Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. *Anim. Res.* 52: 193–228.
- Boerjan, W., J. Ralph, and M. Baucher. 2003 Lignin biosynthesis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 54: 519–546.
- Dahlberg, 2011. Mencionado en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000100012&script=sci_arttext, consultado en enero 2017.

Fonseca, A.J.M., A.R.J. Cabrita, A.M. Lage and E. Gomes. 2000. Evaluation of Chemical composition and particle size of maize silages produced in north west of Portugal. *Anim. Feed Sci. Tech.* 83: 173-183.

Hernández Espinal, L.A., T. Moreno Gallegos, A. Loaiza Meza, J.E. Reyes Jiménez. 2010. Sinaloense-202, nueva variedad de sorgo para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(5) pp. 733-737, INIFAP, México.

Hernández Espinal, L.A., T. Moreno Gallegos, J. E. Reyes Jiménez, A. Loaiza Meza. 2011. Costeño-201 nueva variedad de sorgo de temporal de doble propósito para Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5), INIFAP, México.

Hernández Góborra, J., C. Jiménez Plascencia, M. Galindo Torres y A. Rodríguez Estrada. 2008. Manual de prácticas de bromatología. Departamento de producción animal. CUCBA, UDG. 42 p.

<http://amarillo.tamu.edu>, (consultado enero 2017).

http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf, consultado en enero 2017.

Kumari, P., S. Arya, S.K. Pahuja and U.N. Joshi. 2015. MS Lines Evaluation for Fodder and Quality Traits and their Utilization in Hybrid Development Program and their Evaluation. *International Journal of Basic and Applied Biology*. Vol 2, Num 4, pp. 253-257.

Laurer, J., J.G. Coors and R. Shaver. 2001. Corn silage brown midrib, waxy high oil and others. *In: Proceedings of the 31th State California alfalfa and forage symposium*. Modesto CA. Cooperative Extension Service, University of California.

Montes-García, N., H. Williams-Alanís, T. Moreno-Gallegos, Ma. E. Cisneros-López y V. Pecina-Quintero. 2005. RB-Paloma, variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. *Rev. Fitotec. Mex.* 35 (2) Chapingo, México.

Núñez H., G., F.E. Contreras G., C.R. Faz y S.R. Herrera 2003. Componentes tecnológicos para la producción de ensilajes de maíz y sorgo. SAGAR INIFAP. Centro Regional Norte Centro Campo Experimental La laguna. Torreón, Coahuila, Méx. 52 pp.

Núñez Hernández, G., S. Zapata Mata, R. Faz Contreras, A. Peña Ramos, F. González Castañeda, J.G. Martínez Rodríguez. 2006. Producción, calidad nutricional de forraje y producción de leche con sorgo de nervadura café. Vol. 6, N°. 3, pp. 415-422.

Pond, W.G. y D.C. Church. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, Editorial Limusa, S.A de C.V. 205p.

Portillo, O. R., R. Clara-Valencia, J. Ramírez, R. Estebez, M. Hernández, A. Morán, R. Obando, N. Gutiérrez, R. Tinoco-Mora, N. De Gracia, D. Herrera, L. Tedeschi, and W. L. Rooney. 2014. Registration of 'CI0947bmr' Sorghum. *Journal of Plant Registrations* Vol. 8 No. 3 p. 257-261.

Quinby, J. Roy and Keith F. Schertz. 1970. Sorghum genetics, breeding and hybrid seed production. *In: Sorghum production and utilization*. W. M. Ross (ed.). The Avi pub. Co. p. 77.

Sattler, Scott E., Ana Saballos, Zhanguo Xin, Deanna L. Funnell-Harris, Wilfred Vermerris, and Jeffrey F. Pedersen. 2014. Characterization of Novel Sorghum brown midrib Mutants from an EMS-Mutagenized Population. *Genes, genoms and genetics*. 4: 2115-2124.

Tejada de Hernández, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A. C. Km. 15.5 Carr. México-Toluca, Palo Alto, D. F. p. 276.

Tillery, J.M.A. and R.A. Tierry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassld. Soc. 18: 119-128.

Van Soest, P. J. and R. H. Wine, 1968. Chemical Analysis. J. Assoc. of Chem. Anals 51:780.

Van Soest, P. J. and R. H. Wine, 1968. Chemical Analysis. J. Assoc. of Chem. Anals 51:780.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharids in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Vargas Rodríguez, C.F. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum sp*). Agronomía mesoamericana 16(2): 215-223.

Vogel, K. P., and H. J. G. Jung, 2001 Genetic modification of herbaceous plants for feed and fuel. Crit. Rev. Plant Sci. 20: 15–49.

Wiersma, D. W., P.R. Carter, K.A. Albretch, and J.G. Coors. 1993. Kernel milklime stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. J. Prod, Agric. 6: 94-99.

Zago, A. 2007. Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes. p. 58.

Instrucciones para autores

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo. Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

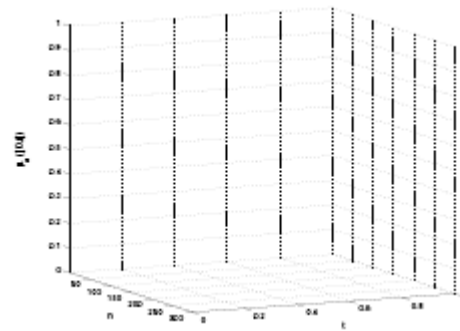


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

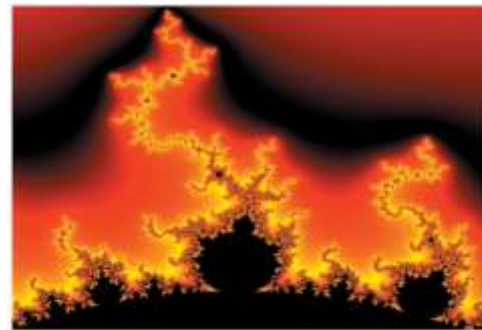


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Instrucciones para autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Formato de Originalidad



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN- Taiwan a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN- Taiwan to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de la Invención Técnica

“Mejoramiento del flujo de proceso en el armado de puertas de acero”

HERNÁNDEZ-CASTILLO, Víctor Alonso, MEZA-GARCÍA, Nicolás, GARCÍA-TORRES, Alicia y ARCIBAR-RAMÍREZ, Elizabeth

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

“Mejoramiento del flujo del proceso en el armado de ventanas de aluminio”

VILLASANA-MARTÍNEZ, Mayra María, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Heriberto, GARCÍA-TORRES, Alicia y DELGADO-GALLARDO, África Sol

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

“Determinación de las condiciones de germinación y crecimiento hidropónico de especies aromáticas de la región de Guanajuato”

CARRILLO-LANDELL Felipe Guadalupe, AGUILERA-RODRÍGUEZ Natalia, RUIZ-NAVA Luis Fernando y SÁNCHEZ-RAMOS Sanjuana

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

“Desarrollo de estaciones de trabajo en la implementación de celulas de manufactura”

CORRAL-RAMÍREZ, Guadalupe, MUÑOZ-LÓPEZ, Luis Enrique, FLORES-BARRAGAN, Juan Luis y NIETO-GARCÍA, Víctor Manuel

Universidad Tecnológica de Chihuahua

“Determinación de la dosis de fertilización adecuada para producción en chile jalapeño (*Capsicum annum* L. var. *annuum* L), de un fertilizante foliar elaborado a partir de desechos orgánicos”

ZÚÑIGA-MALDONADO, Walter Manuel, MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ARROYO-LEÓN, Jesús y LEZAMA-PÉREZ, Paulina Janet

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

“Películas delgadas de SnS dopadas con Cu,Se para aplicaciones fotovoltaicas”

GONZÁLEZ-GARZA, Jorge Oswaldo, GARCÍA-QUINÓNEZ, Linda Viviana, GARCÍA-GUILLEN, Grisel y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, Cristian

Universidad Politécnica de García

Universidad Politécnica de Apodaca

“Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, Poaceae) en Jalisco”

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel

Universidad de Guadalajara

