

Implementación de un modelo *lean* para el cultivo y cría intensiva de la *Helix aspersa*

Implementation of a lean model for planting and factory farming of the helix aspersa

Bermúdez Rodríguez Luis Gabriel

Ingeniería Industrial/Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato/México
lgbermudez@ipn.mx

Vázquez Rodríguez Araceli

Ingeniería en Logística y Transportes/Universidad Politécnica del Bicentenario/México
avazquezr@upbicentenario.edu.mx

Recibido: 26 de junio de 2015

Aceptado: 19 de octubre de 2015

Resumen

Hoy en día, las granjas helicicultoras tradicionales operan aún con métodos rudimentarios dentro de un sector muy competitivo, circunstancia que les impide cubrir la demanda del mercado de 300,000 toneladas anuales para su exportación, entrega oportuna de pedidos, especificaciones e inocuidad del producto. Aunque una cantidad significativa de estas granjas emplean técnicas y tecnologías disponibles para mejorar el rendimiento operativo, sólo una cuantas han logrado resultados significativos. El propósito de esta investigación es la adecuación e implementación de un modelo *lean production* que permita optimizar el cultivo y cría de caracoles terrestres de la especie *Helix aspersa* en una unidad de negocio de tamaño pequeño que cumpla con los estándares de calidad internacional. La metodología para el estudio contempla el análisis de los sistemas de cultivo de caracoles terrestres mediante un FODA; optimización del proceso de producción mediante un *value stream mapping*; el diseño de un sistema de cría intensiva para su implementación en la región del Bajío y evaluación del desempeño del sistema de producción. Entre los resultados destaca el desarrollo de indicadores de desempeño que muestran el progreso de la actividad helicícola, eliminación de mudas, la mejora continua, flujo continuo, equipos multifuncionales y sistemas de información.

Palabras clave: helicicultura, *lean manufacturing*, *value stream mapping*, optimización.

Abstract

Today heliciculture traditional farms with rudimentary methods operate in a very competitive sector preventing cover the monthly demand of 300,000 tons per year for export, timely delivery of orders, lack of safety in the product. Although a significant number of these farms employ techniques and technologies available to improve operational performance, just a few have achieved significant results. The purpose of research is the design and implementation of a lean production model that allows optimize the cultivation and breeding of land snails of the species *Helix aspersa* in a business unit of small size that meets the standards of international quality. La methodology for the study contemplates the analysis of culture systems land snails through a SWOT, optimization of the production process through a value stream mapping, design of a system of intensive rearing for your implementation in the region of Bajío and performance evaluation production system. Between the results noteworthy indicator development performance showing progress of the heliciculture activity, elimination of molts, continuous improvement, continuous flow, multifunction devices and information systems.

Keywords: heliciculture, lean manufacturing, value stream mapping, optimization.

Introducción

En México la helicicultura es una actividad relativamente nueva, se tienen antecedentes de pequeñas granjas helicicultoras en la región sureste del país, sin embargo, estas no cuentan con la infraestructura y recursos suficientes para cumplir con los estándares internacionales, como es el caso particular de la falta de normatividad específica para esta labor.

A finales de 2013, en la región de Valle de Santiago, Guanajuato; con la finalidad de coadyuvar a la reducción de los niveles de desnutrición que existen en la región, se desarrolló una unidad estratégica de negocio autosustentable, basado en el cultivo y crianza de caracoles *Helix aspersa* mediante la producción de carne de caracol y sus derivados, que además, ha logrado tener una participación en el mercado internacional, al exportar la carne de caracol y sus derivados. La granja inició sus actividades con un sistema de cultivo mixto para la cría intensiva de caracoles terrestres incluyendo la recolección de helicidina y elaboración de alimento para caracol con alto contenido nutricional.

Sin embargo, la falta de conocimiento en técnicas de cultivo, nuevas tecnologías y sistemas de producción adecuados para el cultivo y cría de la especie propiciaron que en un periodo de dos años la unidad de negocio mantuviera el producto fuera de especificación (10-15%); retraso en las entregas; incremento de 18% en gastos de operación; pérdida de clientes-restauranteros en 18.9%; reclamaciones del cliente por falta de inocuidad (15-20% de los pedidos) e incapacidad para cubrir la demanda mensual de 10,000 kg para su exportación.

Considerando que *lean production* es una filosofía de fabricación que incorpora un conjunto de principios, herramientas y técnicas en los procesos de negocio (Ronald, 2001), se propone adecuar un modelo que permita optimizar tiempo, activos, recursos humanos y productividad, toda vez que se establezcan los indicadores para medir los progresos alcanzados y delinear el nivel general de delgadez del negocio.

Marco teórico

El aumento constante de la globalización ha generado una mayor competencia internacional, lo que significa que las empresas se enfrentan a grandes desafíos. Con la intención de ser competitivas, las organizaciones optimizan sus operaciones con iniciativas de mejora comunes, en la mayoría de los casos, por ejemplo, la implementación de la producción ajustada, uno de los nuevos paradigmas más influyentes en la industria (Hines et al., 2004). Muchas organizaciones de tamaño pequeño y mediano están implementando sistemas esbeltos para contrarrestar el efecto del entorno. Pero a pesar de numerosos estudios de investigación de este tipo de intervenciones, existe una falta de conocimiento y evidencia del efecto positivo de crecimiento y desarrollo (Bill, Johannisson, y Olaison, 2009).

El concepto *lean* fue introducido por primera vez por un grupo de investigación después de estudiar el estilo japonés de la industria manufacturera, principalmente los Sistemas de Producción Toyota (TPS), en los años 1980 (Womack, Jones y Roos, 1990).

En un intento de generalizar el trabajo de Toyota para otros ajustes de fabricación, Krafcik (1988) acuñó el término *lean* para poner en relieve los principios de limitación de inventario y el exceso de trabajadores, en contraposición a otros enfoques de fabricantes de automóviles (Hopp y Spearman, 2004; Staats, Brunner y Upton, 2011). Más tarde *lean* se definió por Howell (2001) como "otorgar a los clientes lo que quieren, entregarlo al instante, sin desperdicio".

Lean production o manufactura esbelta, puede ser descrita en diferentes niveles de abstracción: se puede definir como una filosofía, como un conjunto de principios y como un conjunto de prácticas. Womack y Jones (1996) definen la producción esbelta como filosofía empresarial y la producción que acorta el tiempo entre la colocación de la orden y la entrega del producto al eliminar los residuos de la corriente de valor del producto.

El pensamiento esbelto se presenta sistemáticamente y se resume en cinco elementos críticos: el valor para el cliente final, mapeo de flujo de valor (VSM), flujo continuo, sistemas Kanban y la búsqueda de la perfección. Estos cinco principios fueron resultado de un estudio de evaluación comparativa de cinco años llevado a cabo el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en relación con la producción de automóviles en todo el mundo. Sin embargo, la opinión dominante en la descripción y la medición de la producción de *lean* se basa en un conjunto de prácticas y herramientas utilizadas en la eliminación del desperdicio (Shah y Ward, 2003; Narasimhan, Swink & Kim, 2006).

Aunque diversos autores documentan diversas herramientas y prácticas *lean*, existe un consenso general en considerar cuatro aspectos principales de este concepto. Estas son las prácticas asociadas a la gestión de la calidad, sistemas Kanban, mantenimiento preventivo, y la gestión de recursos humanos (Cua, McKone y Schroeder, 2001; Shah, Chandrasekaran, y Linderman, 2008).

Soriano-Meier y Forrester (2002) evalúan el grado de delgadez de las empresas manufactureras que utilizan nueve variables sugeridas por Karlsson y Ahlstrom (1996). Radnor y Boaden (2008) resumen varias interpretaciones de la esbeltez, incluyendo un estado ideal de desperdicio, un proceso dependiente del contexto, un ideal que debe perseguirse, una condición

a ser esbelta, un estado particular de las relaciones entre las facetas de un sistema, y un objetivo por alcanzar el estado ideal. Entre los modelos para evaluar los indicadores cuantitativos de *lean*, se encuentran los trabajos de Allen, Robinson, y Stewart (2001), quienes categorizan las métricas en la productividad, la calidad, el costo y la seguridad en las organizaciones. Sin embargo, la necesidad de evaluar la esbeltez general en las organizaciones no se ha abordado plenamente, ni mucho menos integrar una medida de la misma (Wan y Chen, 2008).

Debido a la falta de homologación de indicadores para medir los progresos alcanzados en la implementación de la filosofía de *lean production* en las organizaciones, en particular aquellas del ramo agroindustrial, se propone adecuar el modelo *lean* de Vienazindiene, 2013, para obtener información relevante y determinar las actividades de mayor desperdicio, optimizar los recursos, incrementar la productividad así como establecer y analizar los indicadores de desempeño en cada una de las etapas de la implementación.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación cuantitativa y cualitativa, utilizando como referencia el método de diseño no experimental descriptivo transversal, consistente en analizar las actividades del proceso y participación de los actores; que en esta investigación fueron aquellos que participan directa o indirectamente en el proceso fabril, a partir de autoridades unipersonales, clientes, proveedores, subcontratistas y personal directivo de la empresa. El escenario estuvo enmarcado por las instalaciones de la granja helicícola durante el periodo de enero de 2013 a mayo de 2015.

El modelo propuesto de *lean production* refiere cuatro etapas (figura 1): la etapa I hace la revisión de la organización en cuanto a sus estructuras y procesos (tabla I), diagnostica su situación actual e integra información de cada actor.

En la etapa II se definen los objetivos, metas y mediciones del sistema, es relevante que todo el personal reciba una capacitación sobre la metodología a implementar.

La etapa III consiste en la formación y desarrollo de grupos de trabajo para definir las estructuras del sistema y determinar su estado actual. Se pone énfasis en determinar la capacidad del proceso y establecer la cadena de valor.

Por último, la etapa IV despliega el plan estratégico *Hoshin-Kanri* de la dirección, así como el plan de implementación, se documentan los resultados y experiencias a fin de identificar y prevenir eventos emergentes y posicionar a la organización en un nuevo punto de partida.

Una vez implementado el sistema *lean*, se evalúa el progreso a través de indicadores y métricas resumidas (tabla II); con ello, se determina la eficacia de los cambios, herramientas y técnicas implementadas.

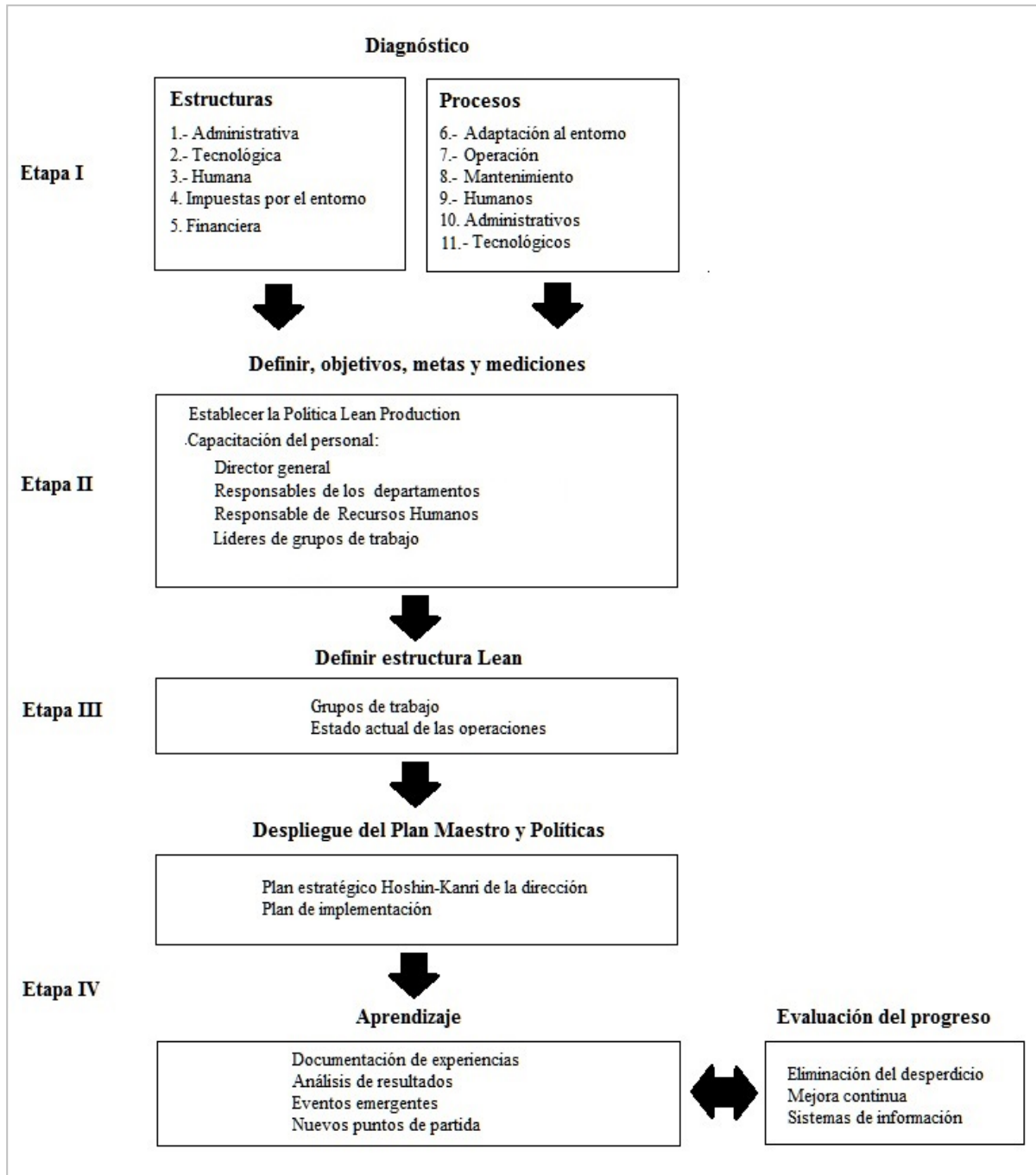


Figura 1. Modelo lean production implementado

Tabla I. Etapa I del modelo *lean production*

Estructuras	Elementos	Herramienta
1. Estructura administrativa	<ul style="list-style-type: none"> Elementos internos de la organización Interacción entre departamentos/áreas Estrategias, políticas y metas del negocio Estructura organizacional Canales de comunicación y calidad de la misma 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Value stream mapping</i> Sistema de fabricación celular Administración del inventario Trabajo estandarizado TQM y CEP Planeación <i>Hoshin-Kanri</i> <i>Takt time</i>
2. Estructura tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> El producto y sus especificaciones Instalaciones (edificio, oficinas, etcétera) Computadoras y redes de datos Maquinaria y equipos 	<ul style="list-style-type: none"> Planeación <i>Hoshin-Kanri</i> <i>Takt time</i> SMED <i>Poka yoke</i> AMEF <i>Value stream mapping</i>
3. Estructura humana	<ul style="list-style-type: none"> Habilidades personales Valores personales Autoridad y tramo de control División de tareas y funciones Fronteras para el desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> 8 D <i>Kaizen</i> Planeación <i>Hoshin-Kanri</i> Trabajo estandarizado <i>Value stream mapping</i>
4. Estructuras impuestas por el entorno	<ul style="list-style-type: none"> Análisis del entorno (clientes, competidores, etcétera) Leyes tributarias Medios de comunicación y servicios Metas para competir (precios, tiempos de entrega, etcétera) Normas para la competencia Leyes ecológicas 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis FODA <i>Value stream mapping</i> Trabajo estandarizado TQM Planeación <i>Hoshin-Kanri</i> Tabla de control integral (BSC)

Procesos	Elementos	Herramientas
5. Adaptación al entorno	<ul style="list-style-type: none"> Identificar cambios en el entorno Adecuar a la organización dónde y cuándo se requiera 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Value stream mapping</i> <i>Kaizen</i> Sistema de fabricación celular Administración del inventario Trabajo estandarizado TQM Planeación <i>Hoshin-Kanri</i> <i>Takt time</i> 8 D SMED AMEF <i>Poka Yoke</i>
6. Operación	<ul style="list-style-type: none"> Transformación de insumos en productos Apoyo al proceso de transformación Gestión de recursos humanos, económicos, materiales e intelectuales 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Value stream mapping</i> 5 s <i>Kaizen</i> Flujo de una pieza Sistema de fabricación celular Administración del inventario Trabajo estandarizado TQM Planeación <i>Hoshin-Kanri</i> <i>Takt time</i> Matriz de roles y responsabilidades

Procesos	Elementos	Herramientas
7. Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar la infraestructura para la transformación 	<ul style="list-style-type: none"> TPM 5 S Kaizen AMEF Poka Yoke SMED Takt time TPM Indicadores de desempeño: OEE
8. Humanos	<ul style="list-style-type: none"> Ejecución de tareas y actividades Comunicación Conflicto Liderazgo <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en equipo Toma de decisiones Capacitación y desarrollo del personal Competencia 	<ul style="list-style-type: none"> 8 D Kaizen Planeación Hoshin-Kanri Trabajo estandarizado TQM TPM
9. Administrativos	<ul style="list-style-type: none"> Establecimiento de estrategias y objetivos Selección de proveedores Medición de la productividad Despliegue de actividades Comparación contra la competencia 	<ul style="list-style-type: none"> Value stream mapping Kaizen Planeación Hoshin-Kanri Takt time Indicadores de desempeño OEE
10. Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> Selección, compra e instalación de equipo Mantenimiento de equipo Control de procesos Diseño de productos y servicios 	<ul style="list-style-type: none"> ○ TPM ○ TQM Value stream mapping Kaizen Flujo de una pieza Sistema de fabricación celular Planeación Hoshin-Kanri

Tabla II. Indicadores para evaluar el desempeño de la implementación del modelo lean

Evaluación del progreso	Métrica e indicador
Eliminación del desperdicio	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo en proceso (WIP) Tiempos de preparación Tiempo de maquinaria inactiva Transporte (cantidad de piezas/distancia, frecuencia) Nivel de ocupación % de scrap % de retrabajos
Mejora continua	<ul style="list-style-type: none"> Número de sugerencias por empleado/año % de sugerencias implementadas Impacto de las áreas de oportunidad detectadas
Flujo continuo y sistemas pull	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño de lote Tiempo de flujo de orden Producción planeada vs producción real Procesos pull
Equipos multifuncionales	<ul style="list-style-type: none"> % control autónomo Entrenamiento cruzado Número de empleados multifuncionales

Evaluación del progreso	Métrica e indicador
Sistemas de información	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia con que se da información a los empleados • Frecuencia de reuniones de trabajo • Porcentaje de procedimientos documentados • Actualización de información en estaciones de trabajo

Resultados

En la revisión de la estructura administrativa mediante un análisis FODA (tabla III) se identificó lo siguiente:

Tabla III. Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación y desarrollo constante en la producción de la especie. • Poca inversión por unidad de producto. • Posibilidad de utilizar materia prima e insumos de la zona o región; los vegetales requeridos pueden ser desechos de otra actividad (desechos de feria o de limpieza de vegetales). • Adaptabilidad y flexibilidad de negocio, permite una rápida puesta en funcionamiento. • Condiciones geográficas adecuadas para desarrollar los cultivos. • No se requieren trabajadores altamente especializados para realizar la tarea. • Sistema de fiscalización adecuado a las necesidades del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento de organismos públicos y privados. • Muy poca competencia a nivel nacional, nula en la región. • Generación de empleo remunerado a grupos vulnerables de la sociedad. • Demanda de alimentos sanos y naturales por parte de los consumidores. • Precios sostenidos y crecientes. • Demanda en aumento. • Otorgar precios de venta más altos. • Amplitud de mercados internacionales. • Aprobación de la Secretaría de Economía para exportar caracoles.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Producto fuera de especificación (15%). • Retraso en las entregas. • Incremento de 18% en gastos de operación. • Falta de conocimientos específicos acerca de la especie. • Pérdida de clientes-restauranteros (18.9%). • Dificultad para consolidar compradores nacionales. • Falta de participación en el mercado internacional. • Sistema de producción tradicional o artesanal. • Falta de inocuidad en el producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lejanía con proveedores de insumos. • Nula promoción del producto y sus beneficios. • Falta de reglamentación sanitaria. Probables brotes de contaminación por insumos en mal estado. • Muchos productos sustitutos. • No se cuenta con estándares nacionales para validar la calidad del producto. • Exigencias aduaneras y aranceles. • Falta de reconocimiento a México como país helicultor debido a la poca presencia en mercados internacionales.

Para implementar el sistema *lean* en la granja helicícola, primeramente se reconfiguró el sistema de cultivo; para ello se evaluaron los sistemas de cultivo tradicionales: sistema abierto, sistema cerrado, mixto y de cría intensiva. Se optó por reconfigurar el proceso a un sistema de cría intensiva (figura 2) con una reducción de 20% en tiempo de preparación, ocupación de mano de obra directa 15%, reducción de defectos por año 35%, incremento de la capacidad instalada 56% y reducción de tiempo de ciclo de 45%.

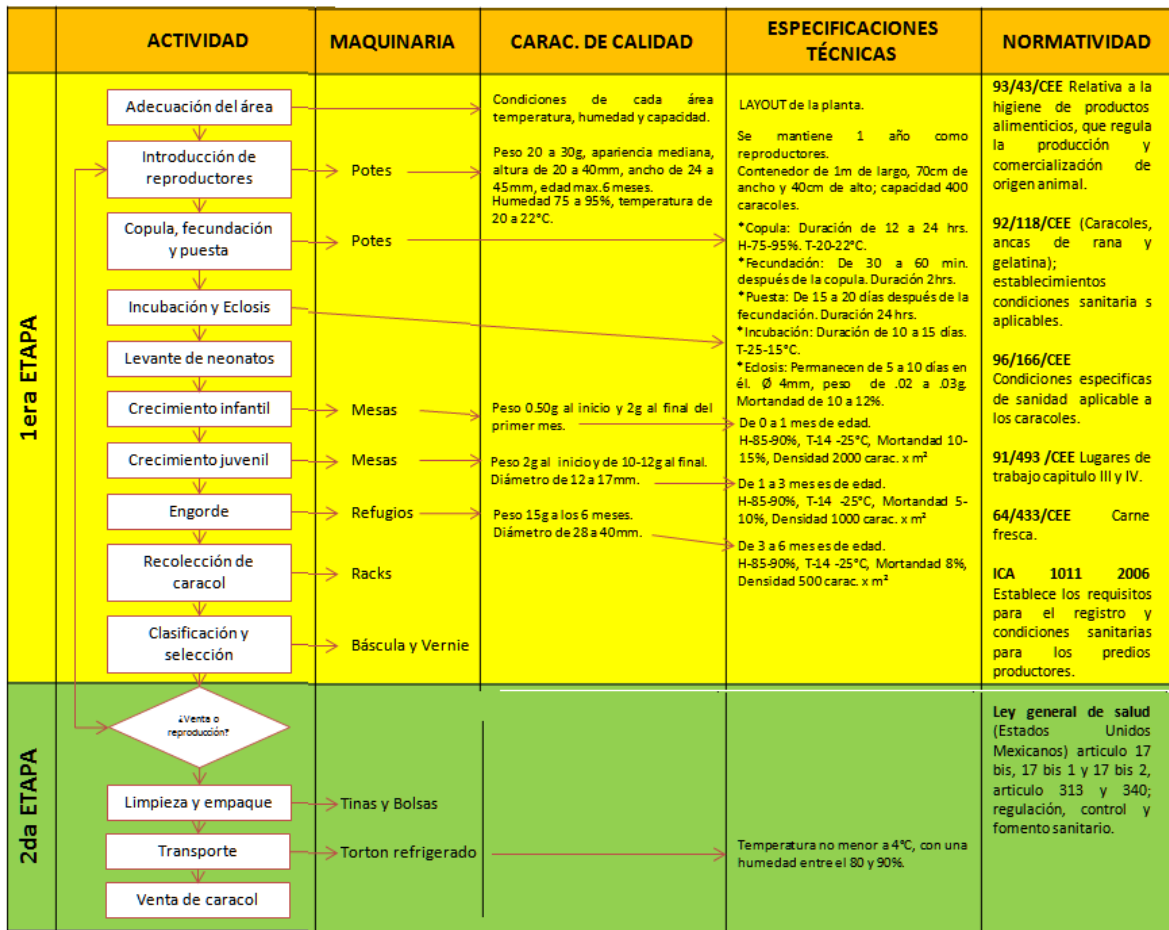


Figura 2. Flujo de proceso de cultivo y cría intensiva.

Se identificó duplicidad de funciones en el área de operaciones, principalmente en la selección de producto para embarque; en relación a la estructura organizacional, se redefinieron las funciones y responsabilidades en toda la organización, impactando en 70% la ocupación de mano de obra indirecta y se incrementó en 10% el personal operativo.

Al conformar los grupos de trabajo, mejoró la comunicación entre las áreas y la dirección, incrementando en 25% las reuniones de trabajo y la calidad de las mismas. Se capacitó a la totalidad del personal sobre filosofía y herramientas *lean* y se conformó 35% del personal multifuncional.

La optimización del proceso de cultivo se realizó mediante *value stream mapping* (figura 3) lo que ayudó a incrementar la productividad en 35%, reducir 25% de retrabajos y el inventario en 65%.

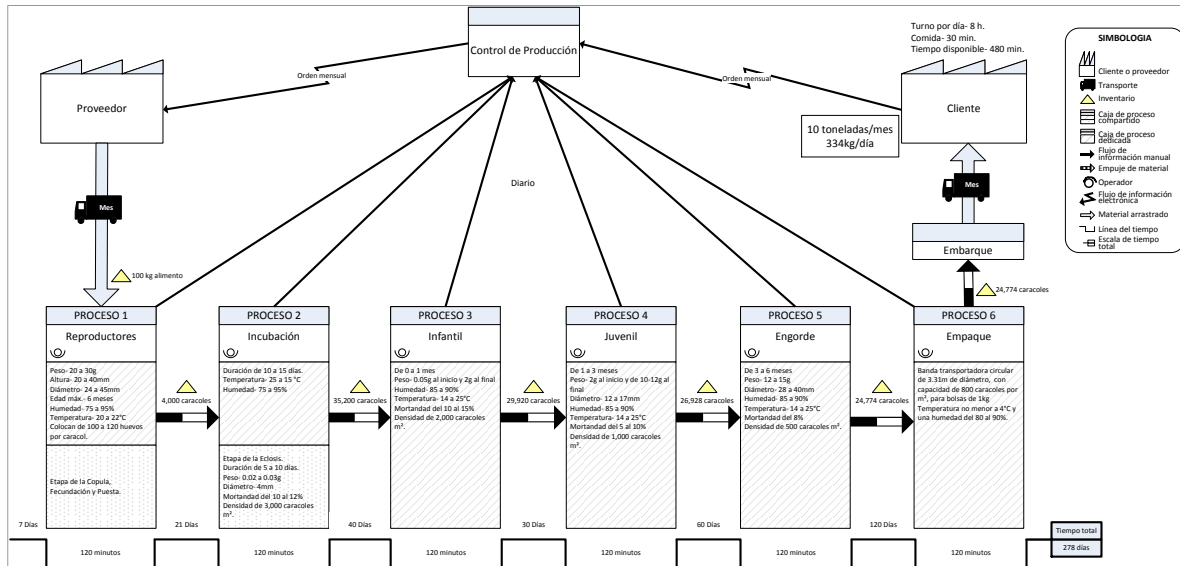


Figura 3. Value stream mapping propuesto

El sistema *lean* implementado coadyuvó a diseñar unidades automatizadas para la cría intensiva ya que se redujeron 25.4% los tiempos de crecimiento y engorde de la especie, además de reaprovechar los residuos sólidos como excretas, caracolas y desechos de alimento. Se adquirieron nuevos equipos para análisis bacteriológico del producto antes de su liberación. Los grupos de trabajo en cada área incorporaron tareas de orden y limpieza bajo la filosofía de las 5S; presentaron dos sugerencias de mejora por año ante la dirección y desarrollaron un proyecto de mejora por año integrando herramientas como AMEF, *Kaizen* y *Poka yoke*.

Se implementó un sistema de monitoreo visual en cada estación de trabajo para mejorar el nivel de control y trazabilidad del producto en todo el proceso. En un periodo de ocho meses se conformó un sistema documentado que integró políticas de operación y calidad, procedimientos e instructivos de trabajo. Aun cuando los clientes y proveedores no lo solicitan, se incorporó un sistema de gestión de la calidad que incluye dos auditorías internas por año.

Conclusiones

Lean manufacturing es mucho más que una técnica de fabricación; puede ser descrito en diferentes niveles de abstracción: como una filosofía, como un conjunto de principios y como un conjunto de prácticas. Es una manera diferente de pensar, se añade la mejora en el desarrollo de las operaciones, y el valor medio.

La aplicación del sistema es un proceso múltiple; es un conjunto de acciones que requieren una planificación del cambio y el establecimiento de un ambiente positivo, preparación, ejecución de

diversas herramientas y técnicas y la medición de los progresos realizados utilizando métricas de rendimiento específico.

El modelo *lean production* propuesto, coadyuvó a desarrollar un sistema flexible de producción como alternativa económica y social que permite obtener producto a bajo costo y en conformidad con los estándares de calidad internacional.

El análisis FODA muestra un escenario favorable al visualizar una actividad rentable, sostenible y sustentable con proyección a futuro. En cuanto a las debilidades, se observa la necesidad de trabajar en la experimentación e investigación, gestionar la normatividad aplicable a la especie ante organismos nacionales e internacionales, así como la creación de asociaciones regionales. Es recomendable trabajar en el desarrollo tecnológico de los productos y servicios derivados del trabajo comprometido con la comunidad.

Una vez cubiertos estos puntos, será posible cumplir con los objetivos de la organización; los cuales son: que la carne de caracol y subproductos como la helicidadina y el caparazón puedan ser adquiridos por aquellos sectores de bajos recursos, ya que su costo es mínimo y sus nutrientes son altos; y lograr optimizar el proceso de cultivo mediante la aplicación de herramientas *lean*, que permitan mejorar las condiciones actuales del proceso.

La participación de los principales actores en la organización creó una fuerte sinergia entre productores del mismo ramo en la región de Bajío, Querétaro e Hidalgo, lo que permitió conformar estrategias de negocio a corto y mediano plazo.

Los resultados de este trabajo pueden ser útiles para futuras investigaciones en el ramo agroindustrial, específicamente a los helicicultores que buscan metodologías que permitan mejorar su competitividad aplicando los conceptos del modelo *lean* en los negocios.

Referencias

- Allen, J., Robinson, C. & Stewart, D. (eds.) (2001), *Lean manufacturing: A plant floor guide*, Dearborn, EUA: Society of Manufacturing Engineers.
- Barker, R. C., (1994), The design of *lean* manufacturing systems using time-based analysis, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 14, 86–96.
- Bill, F., Johannisson, B., & Olaison, L., (2009), The incubus paradox: attempts at foundational rethinking of the SME support genre, *European Planning Studies*, Vol. 17, No. 8, 1135-1152.
- Carneiro M., (2012), Nuevo manejo para la cría intensiva de caracoles (mollusca: gastropoda: pulmonata) en cajas plásticas, *Revista electrónica de Veterinaria*.
- Casti, J. L., (1987), Manufacturing as a system determined science, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 31, 305–321.

- Cua, K., McKone, K., & Schroeder, R., (2001), Relationships between the implementation of TQM, JIT and TPM and manufacturing performance, *Journal of Operations Management*, Vol. 19, No. 6, 675-694.
- Dan, N., Bailey, S., (1982), Growth, mortality and feeding rates of the snail *Helix aspersa* at different population densities in the laboratory and the depression of activity of Helicid snails by other individuals or their mucus. *Journal of Molluscan Studies*, Vol. 48, 257-265.
- Gomot, L; Deray, A. (1987), Les escargot. *La Recherche*, Paris, Vol. 186, No.18, 302-311.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 24, No. 10, 994-1011.
- Hoop, W. & Spearman, M., (2004), To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing & service operations management*, Vol. 6, No. 2.
- Howell, G., (2001), Introducing lean construction: Reforming project management. Report presented to the Construction User Round Table (CURT), *Lean Construction Institute*.
- Karlsson, C. & Anlstrom, P., (1996), Assessing changes towards lean production, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, No. 2, 24-41.
- Krafcik, J. F., (1988) Triumph of the lean production system, *Sloan Management Review*, Vol. 30, No. 1, 41-51.
- Melton, P.M., (2003), Agile project management for API projects: get agile—deliver faster, *Proceedings of the ISPE European Conference*, Brussels, Belgium.
- Melton, P.M., (2004), To lean or not to lean? (that is the question), *The Chemical Engineer*, September, Vol. 759, 34–37.
- Mills, J. J., (1993), A taxonomy of the product realization process environment, *Research in Engineering Design: Theory, Applications, and Concurrent Engineering*, Vol. 4, 203–213.
- Monden, Y., (1998), *Toyota Production System: An Integrated Approach to just-in-time*, Chapman & Hall, London.
- Narasimhan, R., Swink, M., & Kim, S., (2006) Disentangling leanness and agility: An empirical investigation. *Journal of Operations Management*, Vol. 24, 440-457.
- Radnor, Z. & Boaden, R., (2008), Editorial: lean in the public services: panacea or paradox? *Public Money and Management*, Vol. 28, No 1, 3-6.

- Ronald, B.M., (2001), Learning to think lean: lean manufacturing and the Toyota production system, *Journal Automotive Manufacturing and Production*, Vol. 113, No. 6, 64-65.
- Rother, M. & Shook, J., (1999), Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda, *the lean enterprise institute*, Version 1.2.
- Shah, R. & Ward, P.T., (2003), Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance, *journal of operations management*, Vol. 21, No. 2, 129-49.
- Shah, R. & Ward, P.T., (2007), Defining and developing measures of lean production, *Journal of operations management*, Vol. 25, No. 4, 785-805.
- Shah, R., Chandrasekaran, A., Linderman, K, (2008), In pursuit of implementation patterns: in the context of lean and Six Sigma, *International Journal of Production Research*, Vol. 46.
- Staats, B., Upton D., (2011a), Lean knowledge work, *Harvard Business Review*, Vol. 89, No. 10, 100-110.
- Staats, B., Upton, D., (2011b) Lean principles, learning, and knowledge work: evidence from a software services provider, *Journal of operations management*, Vol. 29, No. 5, 376-390.
- Soriano, H. & Forrester, P., (2002), A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 13, No. 2, 104-109.
- Wan, H. & Chen, F. F., (2008a), A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives, *International journal of production research*, Vol. 46, No. 23, 6567-6584.
- Wan, H. & Chen, F. F., (2008b), A Web-Based Kanban system for job dispatching, tracking, and performance monitoring, *International journal of advanced manufacturing technology*, Vol. 38, No. 10, 995-1005.
- Wan, H., Chen, F. F., & Saygin, C., (2008c), Simulation and training for lean implementation using web-based technology, *International journal of services operations and informatics*, Vol. 3, No. 1, 1-14.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D., (1990), *The machine that changed the world: the story of lean production*, HarperCollins Publishers, New York, USA.
- Womack, J.P. & Jones, D.T., (1996), *lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Simon & Schuster, New York, USA.
- Vienazindiene, M., Ciarniene, R., (2013), Lean manufacturing implementation and progress measurement, *Economics and Management*, Vol. 18, 366-373.