

Guía PMBOK aplicada en productos a base de cepas entrenadas de *Trichoderma Spp.* como biofungicidas en cultivos agrícolas

PMBOK Guide applied to products based on trained strains of *Trichoderma spp.* as biofungicides in agricultural crops

Zyanya Yuritzi Parra Martínez^{1,1}, Jorge Armando López Lemus^{1,2},

¹ departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Yuriria, 38940, Guanajuato México.

Zy.parramartinez@ugto.mx¹, lopezja@ugto.mx²

Resumen

Este artículo identifica los riesgos, posibles interesados, alcance y los criterios de éxito que son etapas de la guía PMBOK aplicada en un proyecto biotecnológico sobre productos a base de cepas entrenadas de *Trichoderma Spp.* como biofungicidas en cultivos agrícolas. Para implementar la guía PMBOK y analizar la viabilidad del proyecto en Guanajuato según el último censo del INEGI del sector agropecuario, el análisis del mercado y visión de los productores.

Palabras clave: guía PMBOK, riesgos, viabilidad, *Trichoderma Harzianum*, mercado.

Introducción

La microbiología aplicada al campo agrícola ha revolucionado las prácticas agrícolas al presentar alternativas efectivas y sostenibles frente al uso tradicional de fungicidas. Un ejemplo destacado es *Trichoderma Harzianum*, un hongo benéfico reconocido por su capacidad para combatir patógenos mediante tres mecanismos principales: el mico parasitismo, donde enzimas como quitinasas y glucanasas degradan las paredes celulares de hongos antagonistas; la competencia, que reduce nutrientes disponibles para los patógenos; y la antibiosis, mediante la producción de antibióticos que inhiben el crecimiento patógeno (Elad, 2000).

A pesar de estos avances, los productos de biocontrol enfrentan desafíos significativos en su adopción generalizada en el mercado, influenciados por factores socioeconómicos y condiciones específicas del sector agrícola (García, 2018).

Según datos recientes del INEGI (2023), la mayoría de las unidades agrícolas aún dependen en gran medida de prácticas convencionales, a pesar del creciente interés por métodos más ecológicamente responsables. Esto se refleja en la baja adopción de técnicas como la agricultura protegida y prácticas ambientales avanzadas, a pesar de los beneficios evidentes en la mitigación de impactos ambientales y la sostenibilidad a largo plazo.

En este contexto, la gestión de proyectos emerge como una herramienta crucial para facilitar la implementación efectiva de nuevas tecnologías agrícolas como el uso de *Trichoderma Harzianum*. La adaptación de metodologías como la guía PMBOK permite estructurar y gestionar proyectos de desarrollo agrícola de manera eficiente, asegurando la identificación y mitigación de riesgos, la toma de decisiones informadas, y la evaluación continua de la viabilidad y el éxito del proyecto (PMI, 2013; Gasik, 2015).

Marco teórico

En la microbiología aplicada al campo, existen hongos benéficos como lo es *Trichoderma Harzianum* el cual tiene tres principales mecanismos de acción; a) por mico parasitismo, mecanismo en el que se utilizan enzimas líticas, en especial quitinasas y glucanasas, para la degradación de la pared celular del hongo antagonista, b) por competencia; donde se inhibe el crecimiento del patógeno disminuyendo la cantidad de nutrientes exógenos disponibles en el medio, y c) por antibiosis; interacción donde se segregan antibióticos que impiden el crecimiento de algunos patógenos (Elad, 2000).

Los productos de biocontrol son una propuesta sustancial en auge, especialmente cuando los fungicidas convencionales fallan. Elad en 2000, describió que bajo condiciones comerciales de productos de *T. harzianum* T39 se puede lograr eficiencia paralelamente contra varios patógenos, biotrofos y necrótrofos.

De este modo, el uso de *T. Harzianum* nos permite elaborar productos de uso agrícola que impacten de manera positiva en las prácticas agrícolas y en el medio ambiente reduciendo los gases de efecto invernadero emitidos por el uso de agroquímicos convencionales (Vargas, et. Al., 2019).

El desafío de los agroproductos biológicos es su posicionamiento en el mercado a pesar de los múltiples beneficios que se han demostrado en diversas investigaciones, sobre todo al momento de atender los objetivos del desarrollo sostenible. Esto implica diversos factores como los demográficos, la disponibilidad de recursos, el clima, desarrollo tecnológico, información, capital humano y más relevante el factor socioeconómico del estado en el sector agrícola (García, 2018).

De acuerdo con el comunicado del INEGI en noviembre de 2023 sobre el censo agropecuario, de las 1.2 millones de hectáreas destinadas a la agricultura que se distribuyen en 215 490 unidades productivas, solo 3897 hectáreas utilizan agricultura protegida. Las prácticas de protección al medio ambiente el 85.3% de las unidades de producción solo separa los empaques, 43.2% monitorea la presencia de plagas y enfermedades, el 40.3 % previno incendios; el 36.5 % disminuyó el consumo de agua y el 27.9 % disminuyó el consumo de energía eléctrica (INEGI, 2023).

Se identificaron que los problemas más comunes que afectan la productividad de las unidades de producción fueron: altos costos de insumos y servicios, con 93.6 %; baja de precios o disminución de ventas a causa de la pandemia, con 34.6 %; la inseguridad, con 32.6 %; pérdida de fertilidad del suelo, con 21.4 %; productor o productora de edad avanzada o enfermo 17.2% (INEGI, 2023).

Actualmente, la gestión de proyectos es una herramienta necesaria e indispensable para dirigir todo tipo de proyectos en el área de negocios, en especial en proyectos empresariales y gubernamentales, en el desarrollo de software y análisis de mercado para lanzar productos nuevos. Sin embargo, hoy en día se ha aplicado el uso de esta metodología en la ciencia y en el desarrollo tecnológico (Gasik, 2015).

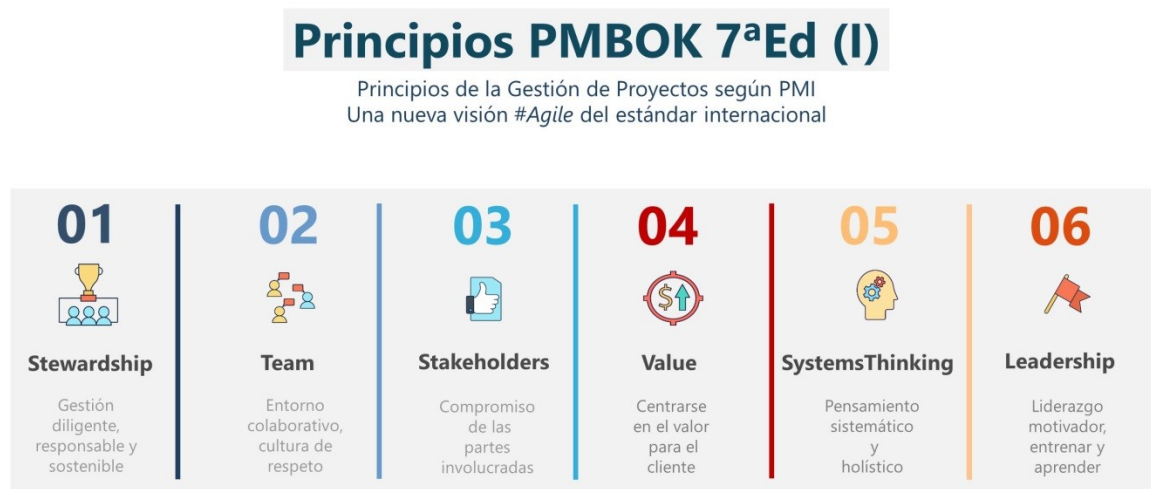
Es importante conocer la herramienta y los beneficios que ella trae en las diferentes áreas de conocimiento adaptada a la biotecnología, para generar recursos necesarios y realizar tareas que logren el éxito del proyecto, así como la toma de decisiones y evaluar su viabilidad.

Por eso se propone una implementación de la guía PMBOK para elaborar un plan de gestión de proyectos que identifique los riesgos, las posibles estrategias de acción, toma de decisiones asertivas y agilice el llenado de futuros formatos necesarios para desarrollarlo (PMI, 2013).

De acuerdo con la guía PMBOK tiene un ciclo de vida predictivo que se divide en 5 procesos fundamentales los cuales son: procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y por último el cierre. Cada proceso tiene etapas que deben ser definidas y argumentadas por el equipo de trabajo como se muestra en la figura 1 y se describen a continuación:

- Inicio: define al proyecto, aquí se establece el valor esperado, la visión, justificación, identificación de los interesados, riesgos del proyecto, restricciones y supuestos.
- Planificación: define el alcance, objetivos, plan de acción y criterios de éxito.
- Ejecución: proceso en el que se ejecuta el proyecto.
- Monitoreo y control: proceso que da seguimiento, regula el progreso e identifica áreas de oportunidad dentro del proyecto, de manera que se puedan iniciar cambios correspondientes.
- Cierre: proceso que cierra formalmente el proyecto.

(Tavan y Hosseini, 2017).



O.Liébana, Ag,2021

Figura 1. Principios PMBOK.
 Tomada de: O. Liébana, 2021.

Metodología

Se propone una metodología basada en la guía PMBOK para brindar un panorama del mercado de productos agrícolas en el estado de Guanajuato, ya que esta herramienta nos permite planificar, ejecutar y controlar proyectos, que ayudan a disminuir riesgos, tomar mejores decisiones y mejora la comunicación entre todos los integrantes (PMI, 2013).

El INEGI utiliza el "muestreo probabilístico" en sus investigaciones y censos. Este tipo de muestreo implica que cada elemento de la población tiene una probabilidad conocida y no nula de ser seleccionado para formar parte de la muestra. Esto permite obtener resultados representativos de la población total a partir de una muestra relativamente pequeña, si se siguen los procedimientos estadísticos adecuados para garantizar la

validez y precisión de las estimaciones realizadas, por ello tomamos de referencia el último informe, considerado información confiable.

Procesos de inicio

Problemática

El último informe del INEGI del sector agropecuario publicado en noviembre del 2023 reporta que el 0.3% de las hectáreas destinadas a la agricultura utilizan agricultura protegida, el 43.2% de las unidades productivas monitorea la presencia de plagas y enfermedades, mientras que el 32.6 % de las unidades de producción reporta pérdida de fertilidad del suelo.

Justificación

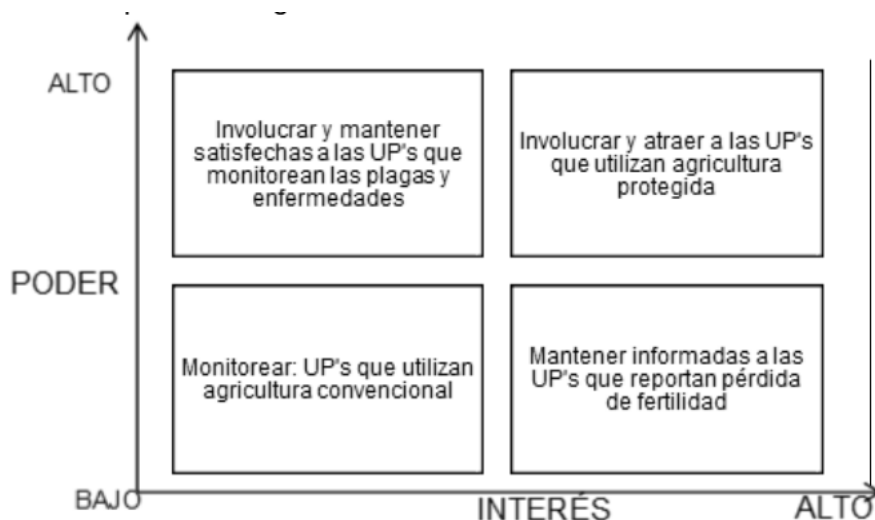
La cepa *Trichoderma harzianum*, tiene una alta adaptabilidad en los sustratos agrícolas por lo cual es muy usada en esta área, además de que se le asocia con algunas interacciones en la respuesta del crecimiento de la planta, aparición de plántulas, tamaño de la hoja, peso seco (producto de la deshidratación total de la planta) y una geminación más corta (Kleinfeld y Chet, 1992), es indispensable tener en cuenta que no es un hongo entomopatógeno sino un micoparásito, y en su caso, simbiote con plantas que promueve el crecimiento solubilizando algunos compuestos (Bissett, 1991).

La espora de *T. harzianum* puede ser muy agresiva e inhibir el crecimiento de cualquier hongo o bacteria y también es muy volátil, por tal motivo ha tomado popularidad en el mercado (Solano, 2022).

Esto quiere decir que de acuerdo a la problemática planteada, *T. harzianum* nos ayuda a aumentar la fertilidad lo que impacta en el 32.6 % de las unidades de producción reporta pérdida de fertilidad del suelo, es micoparásito y crea antibiosis, lo cual se integra al 43.2% de las unidades productivas monitorea la presencia de plagas y enfermedades, por último, la aplicación de hongos de uso agrícola es una práctica aprobada en la agricultura protegida que se refleja en el 0.3% de hectáreas en el estado de Guanajuato que promueve estas prácticas.

Identificación de los interesados

A continuación, se muestra en la gráfica 1 la matriz de poder/interés en la cual se identifica que los interesados que tienen mayor son las unidades productivas (UP's) que practican agricultura protegida, en segundo lugar, a las UP's que monitorean plagas y enfermedades en sus cultivos, en tercer lugar, a las UP's que reportaron pérdida de fertilidad en sus campos y por último las UP's que practican agricultura convencional.



Gráfica 1. Matriz de poder/interés

Riesgos

1. Altos costos de insumos y servicios, con 93.6 %. El producto que ofrecemos debe tener un bajo costo, alta efectividad y competir contra las consignaciones que ofrecen otras empresas a los productores.
2. Baja de precios o disminución de ventas a causa de la pandemia, con 34.6 %. Los productores cuidan más sus inversiones y prefieren lo conocido.
3. La inseguridad, con 32.6 %.
4. Pérdida de fertilidad del suelo, con 21.4 %. Lo que quiere decir que hay un 50% de probabilidad que estas UP's no inviertan en recuperar la fertilidad.
5. Productor o productora de edad avanzada o enfermo 17.2%. Lo que implica que no hay mucha apertura a nuevos proveedores.
- 6.

Procesos de planificación

Alcance

Un biofungicida de *Trichoderma Harzianum* como alternativa para una agricultura sostenible, el cual promete inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos en diversos cultivos, que gracias a su rápida adaptabilidad puede crecer en condiciones climáticas adversas. Se pretende fomentar prácticas de agricultura sostenible en al menos 20% más unidades productivas en los siguientes 10 años, que logrará disminuir el CIAC (coeficiente de impacto ambiental de campo) de un valor promedio de 45.23, que representa un nivel de peligro medio, hasta un CIAC bajo, según Vargas, et. al., 2019.

Resultados

La viabilidad de invertir en agricultura orgánica para los agricultores con base en los datos proporcionados presenta algunos desafíos significativos que deben considerarse.

- Altos costos de insumos y servicios (93.6%).
- Baja de precios o disminución de ventas debido a la pandemia (34.6%)
- Inseguridad (32.6%)
- Pérdida de fertilidad del suelo (21.4%)

Para evaluar la viabilidad concreta de invertir en agricultura orgánica, los agricultores deberían considerar cuidadosamente los costos y beneficios específicos en relación con sus condiciones locales, la demanda del mercado y la disponibilidad de apoyo institucional o financiero para la transición hacia métodos de producción más sostenibles.

Discusión

Estos resultados muestran cómo la metodología PMBOK proporciona un marco estructurado para analizar y abordar problemas específicos en el sector agrícola, permitiendo una gestión más eficiente de proyectos y facilitando la toma de decisiones informadas para mejorar las prácticas agrícolas en Guanajuato.

Este enfoque predictivo, dividido en procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, proporciona un marco robusto para guiar desde la definición inicial del proyecto y la planificación detallada hasta la ejecución y finalización formal, garantizando una gestión integral y efectiva en todas las etapas del desarrollo tecnológico y científico en el ámbito agrícola (Tavan y Hosseini, 2017).

Conclusión

Este primer avance de investigación de mercado nos muestra los principales riesgos de la implementación de productos orgánicos biológicos en el estado de Guanajuato, gracias a adaptación de la guía PMBOK. Esta guía nos ayuda a organizar proyectos de tal forma que facilita la elaboración de próximos documentos y la toma de decisiones, que en este caso nos apunta a un negocio con un mercado de competencia monopolista.

Referencias

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2023). Censo 2022 Agropecuario: Comunicado de prensa. Guanajuato, México. 9-12 pp. Recuperado en abril de 2024 de: https://inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022_Gto.pdf
- Project Management Institute PMI. (2021). PMBOK Guide, Seventh Edition. Project Management Institute.
- PMP, K., T. (2013). The Project Management Tool Kit. 100 tips and techniques for getting the job done right (3rd. Ed.). Amacom.
- Project Management Institute PMI. (2022). Process groups: a practice guide. Project Management Institute.
- Vargas, G, Álvarez, V, López, C, Cano, P, y García, M. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila. México. 1-15 pp.
- Elad, Y. (2000). Biological control of foliar pathogens by *Trichoderma Harzianum* and potential modes of action. Crop Protection, Israel.
- García, D. (2018). Manual de Prácticas de Procesos Agropecuarios. Ingeniería en Biotecnología. Universidad Tecnológica de Morelia. México. 4-52pp.
- Tavan, F. & Hosseini, M. (2017). Comparación y análisis del PMBOK 2013 e ISO 21500. Journal of Project Management, 1(1), 27-34.
- Gasik, S. (2015). An Analysis of Knowledge Management in PMBOK Guide.
- Kleinfeld, O. y Chet, I. (1992). *Trichoderma harzianum*- interaction with plants and effect on growth response. Facultad de Agricultura. La Universidad Hebrea de Jerusalén. Israel. 1-6 pp.
- Bissett, J. (1991). A revision of the genus *Trichoderma*. III Section *Pachybasium*. Can. J. Bot. 2373-2417 pp.