

Diseño de un sistema de monitoreo inteligente para el reaprovechamiento de residuos pesqueros

Di Bartolo, Ary L.^{1,2}
Zanfrillo, Alicia I.^{1,3}
Maggiore, Marina A.¹
Glas, Yamila¹

¹ Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mar del Plata. Grupo de I+D ITIOS. Avda. Dorrego 281, Mar del Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina

² Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Mendoza, Argentina

³ Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Funes 3250, Mar del Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina

e-mail autor de referencia: lautarodibartolo@gmail.com

Resumen: Las crecientes exigencias normativas sobre la disposición de desechos junto con la preocupación de diferentes agentes de la sociedad respecto del impacto antrópico de la industria pesquera, han impulsado el interés por el reaprovechamiento de los residuos en nuevas cadenas de valor. Uno de los desechos con mayores efectos ambientales corresponde al proceso de salazón de anchoíta (*Engraulis anchoita*), que son vertidos en el relleno sanitario o se incorporan como insumos en cadenas tradicionales de producción de harina con el consiguiente requerimiento de agua para su lavado. Esta situación ha llevado a explorar su aprovechamiento en diferentes sectores económicos. El objetivo del trabajo consiste en diseñar un sistema de monitoreo inteligente a través de la incorporación de IoT (*Internet of Things*) entre las incubadoras con sustrato inoculado y el sistema informático para la obtención de un alimento fúngico en base a residuos vegetales y pesqueros. El sistema permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción con el seguimiento en tiempo real de aquellos parámetros ambientales esenciales para una evolución exitosa, como la temperatura y la humedad, a fin de garantizar un producto de calidad a través de la instrumentación de controles y alertas para un cultivo sostenible.

Palabras Clave: internet de las cosas, cadena de valor, monitoreo, anchoíta, hongos

Abstract: The increasing regulatory demands on waste disposal along with the concern of different agents of society regarding the anthropic impact of fishing industry, have promoted interest in the reuse of waste in new value chains. One of the wastes with the greatest environmental effects corresponds to salting process of anchovy (*Engraulis anchoita*), which are dumped in the landfill or are incorporated as inputs in traditional flour production chains with the consequent requirement of water for washing. This situation has led to exploring its use in different economic sectors. The objective of the work is to design an intelligent monitoring system through the incorporation of IoT (*Internet of Things*) between the incubators with inoculated substrate and the computer system to obtain food fungal based on plant and fishery waste. The system

allows improving efficiency and sustainability of production with real-time monitoring of those parameters essential environmental conditions for successful evolution, such as temperature and humidity, in order to guarantee a quality product through the implementation of controls and alerts for a sustainable cultivation.

Keywords: internet of things, value chain, monitoring, anchovy, mushrooms

Introducción

La industria pesquera, enfrenta un desafío de triple impacto: la gestión sostenible de sus residuos. A lo largo del tiempo, esta industria ha generado volúmenes considerables de desechos, que, sin una gestión adecuada, no solo representan un peligro para el medio ambiente, sino también una pérdida significativa de recursos que podrían ser reutilizados. Los residuos generados varían según la especie siendo un 30-35% de su peso total para el langostino, pudiendo alcanzar el 45%-55% para cangrejos y centollas (Pérez, 2019). Estos desechos, provenientes de diversas etapas del procesamiento pesquero tienen como destino nuevas cadenas de valor para alimentación animal (Lúquez Pérez, 2017) o son dispuestos en rellenos sanitarios, contribuyendo a la contaminación y al agotamiento de los vertederos.

El concepto de sostenibilidad se ha convertido en un pilar fundamental para las industrias modernas (Organización de las Naciones Unidas, 2015), tanto para la conservación del medio ambiente como para la reutilización y reciclaje de desechos, con el propósito de completar el ciclo de producción y consumo. En este contexto, se propone transformar los residuos pesqueros, tradicionalmente considerados subproductos sin valor, en un recurso útil y valioso.

Ante esta problemática se plantea en el proyecto "*Modelo de producción circular e inteligente de productos fúngicos basado en residuos de la industria pesquera*" una solución innovadora y sostenible: convertir los residuos pesqueros (cabezas, vísceras, piel, espinas y escamas) en un sustrato nutricionalmente apto para el cultivo de hongos comestibles. Estos organismos se destacan por su capacidad para descomponer materia orgánica y absorber nutrientes transformando así a los desechos en productos alimenticios de alto valor. El cultivo de hongos no solo es una alternativa sostenible, sino también económicamente viable por la generación de ingresos a partir de los desechos (González Matute y Curvetto, 2008).

Para que el aprovechamiento del desecho como sustrato para los hongos sea exitoso es fundamental contar con las condiciones adecuadas de cultivo. Para ello, las tecnologías habilitadoras ofrecen posibilidades de interconexión inéditas a través de la incorporación de IoT para el monitoreo en tiempo real de variables claves en el crecimiento y desarrollo de hongos y así ofrecer condiciones de cultivo estables a través del seguimiento de la evolución de los indicadores a fin de proveer una mayor calidad del producto final. Además, la incorporación de IoT permite agregar trazabilidad en los productos fúngicos, desde su origen en residuos pesqueros hasta su cosecha como hongo comestible. Este seguimiento es esencial para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos producidos y para colaborar en dotar de instrumentos al consumidor

para desarrollar su confianza sobre el cuidado en la explotación pesquera y, en productos derivados de una fuente tan inusual como los residuos pesqueros.

Materiales y métodos

Se adoptó una metodología experimental a través del diseño de un sistema inteligente para el monitoreo de condiciones ambientales en el proceso de cultivo de hongos a partir de residuos pesqueros en tres etapas.

- Implementación del sistema IoT: se seleccionó una estrategia basada en la plataforma Arduino debido a su versatilidad, bajo costo y amplia comunidad de soporte. A este sistema se conectaron sensores específicos diseñados para capturar variables críticas para el crecimiento fúngico: temperatura y humedad ambiental y sensores individuales de temperatura. Estos últimos se instalaron directamente dentro de las bolsas que contenían el sustrato y el micelio-semilla.
- Transferencia y visualización de datos: una vez que los sensores estuvieron operativos, comenzaron a recolectar y enviar datos en tiempo real a una base de datos local. Para visualizar y analizar estos datos, se utilizó la plataforma *Thingsboard* v3.4.4, reconocida por su capacidad para manejar grandes volúmenes de información y ofrecer visualizaciones claras y personalizables. En esta plataforma, se configuró un tablero específico para el proyecto, que permitía a los investigadores ver las tendencias y variaciones en las condiciones de cultivo.
- Análisis de datos: con los datos recolectados, se dio comienzo a la determinación de variables y métricas para obtener información sobre las relaciones entre las condiciones de cultivo y el rendimiento y calidad del hongo producido.

Esta metodología, que integra técnicas tradicionales de cultivo con tecnologías modernas, busca no solo producir hongos comestibles de alta calidad a partir de residuos vegetales y pesqueros, sino también generar un modelo de producción circular e inteligente que pueda ser replicado en otras regiones y para otros tipos de residuos.

Resultados

La integración de tecnología moderna en el cultivo tradicional de hongos presentó resultados de interés para el diseño de un sistema monitoreo eficiente. La implementación de este sistema basado en Arduino y *Thingsboard* demostró ser una herramienta efectiva para garantizar el monitoreo preciso de las condiciones ambientales a través de las variables de temperatura y humedad en cada incubadora (Figura 1), fundamentales para el desarrollo óptimo de los hongos comestibles. Respecto de las ventajas obtenidas por la implementación del sistema inteligente se pueden mencionar las siguientes:

- Monitoreo en tiempo real: los sensores implementados proporcionaron lecturas continuas y en tiempo real de las variables ambientales. Estas lecturas revelaron que las fluctuaciones diarias en la temperatura y la humedad eran mínimas, manteniéndose en su mayoría dentro de los rangos óptimos establecidos para el cultivo de hongos.
- Visualización detallada de datos: la plataforma *Thingsboard* facilitó el acceso a una recreación precisa y detallada de las variables monitoreadas. El tablero configurado ofreció gráficos de tendencia que mostraban los cambios en el tiempo, facilitando la interpretación y análisis de los datos. Esta visualización fue esencial para comprender las dinámicas de las condiciones de cultivo y tomar decisiones informadas.

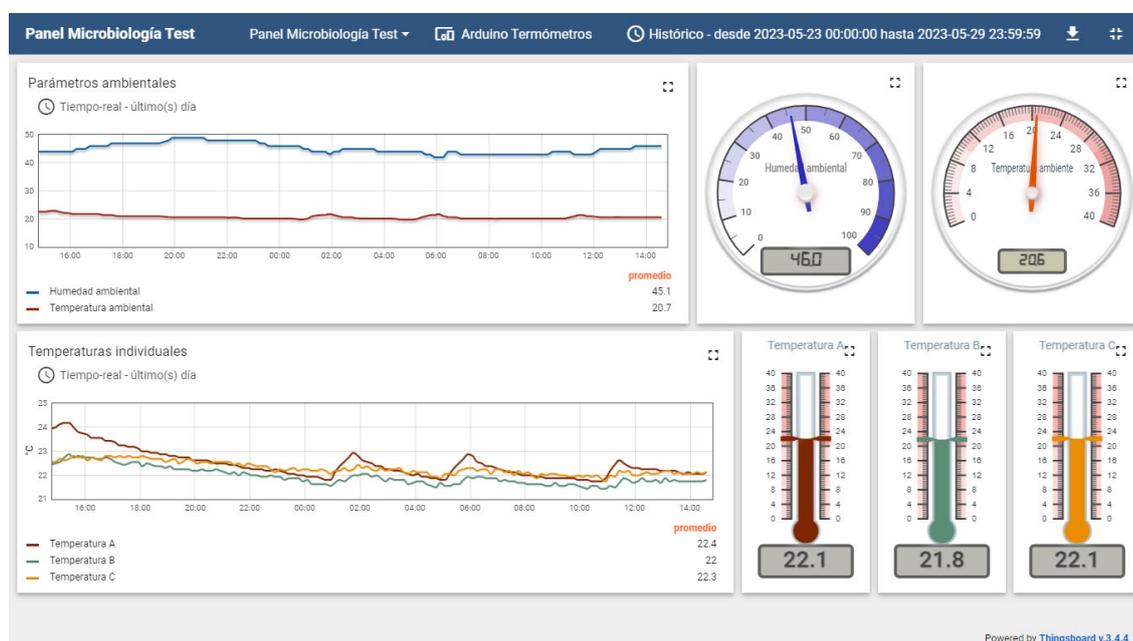


Fig. 1.
Panel de

indicadores del cultivo de hongos en laboratorio a través de la plataforma *Thingsboard*. Facultad Regional Mar del Plata. Agosto 2023.

La configuración del sistema de monitoreo para el proceso de cultivo de hongos comestibles a partir de residuos pesqueros ofreció los resultados esperados respecto del monitoreo de las variables esenciales para un cultivo efectivo de hongos. Estos resultados subrayan la utilidad de las tecnologías modernas en procesos tradicionales de cultivo y cómo estas herramientas pueden ser esenciales para dotar de efectividad al proceso de cultivo.

Discusión

La incorporación de tecnologías avanzadas, como las basadas en IoT, en procesos agrícolas tradicionales emerge como una tendencia prometedora en la agricultura moderna. En el contexto de este estudio, la integración de Arduino y *Thingsboard* en el proceso de cultivo de hongos comestibles ha demostrado ser fundamental para el monitoreo preciso y la gestión eficiente de las condiciones ambientales. La reutilización

de residuos pesqueros para la creación de sustratos para el cultivo de hongos constituye una solución sostenible al problema de los desechos y se enmarca en el paradigma de economía circular al transformar residuos en recursos valiosos. Los resultados preliminares indican que este enfoque es viable y puede tener un impacto significativo en la reducción del impacto ambiental de la industria pesquera.

Por otro lado, la visualización de datos en tiempo real y la capacidad de configurar alarmas para detectar variaciones demuestran cómo la tecnología puede ser una herramienta poderosa en la toma de decisiones. Estas características permiten una respuesta rápida a los desafíos emergentes y, por lo tanto, una mayor capacidad para garantizar la calidad del producto.

Los datos recopilados pueden ofrecer *insights* valiosos sobre cómo las condiciones ambientales específicas afectan el crecimiento y desarrollo de diferentes especies de hongos, tanto para la optimización de los procesos de cultivo como para las propiedades nutricionales y medicinales. Este estudio subraya la importancia de la integración de tecnologías modernas en procesos tradicionales de producción, para la mejora de la eficiencia y la calidad y en el aporte de experiencias de producción sostenible y responsable desde el punto de vista ambiental.

Referencias bibliográficas

- González Matute, R., Curvetto, N. R. (2008). El cultivo de hongos de especialidad es un negocio lucrativo. AgroUNS, V (9).
- Lúquez Pérez, L. (2018). *Aprovechamiento de residuos pesqueros generados en la ciénaga de zapatosa para la producción de harina de vísceras de pescado*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2030-agenda/>
- Pérez, T. (2019). *Los residuos que generamos: su manejo sustentable, un gran desafío*. 1era. ed. Publicaciones científicas, 14. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANCEF - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.