

DISEÑO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIÓN PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO APÍCOLA

DESIGN OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR BEEKEEPING PRODUCTION DEVELOPMENT

Diego O. Debortoli^{a,b}, Diego A. Rodríguez^{a,c} y Nélica B. Brignole^{a,b}

^aLaboratorio de Investigación y Desarrollo en Computación Científica (LIDeCC), Universidad Nacional del Sur (DCIC-UNS), Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina, nbb@cs.uns.edu.ar

^bPlanta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI), Complejo CCT-UAT, CONICET-UNS, Camino La Carrindanga Km 7, 8000 Bahía Blanca, Argentina, dybrigno@criba.edu.ar

^c Departamento de Informática, Universidad Nacional de Salta (DI-UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina, droduiguez@di.unsa.edu.ar

Palabras clave: Sistemas Inteligentes de Soporte de Decisión, Apicultura, Algoritmos Genéticos Predictivos, Aprendizaje Automático

Resumen. El objetivo global de este desarrollo es diseñar estrategias comerciales para el sector apícola mediante un software especializado para la toma de decisiones gerenciales basado en inteligencia artificial. Presentamos el diseño conceptual de un Sistema Inteligente de Soporte de Decisión (IDSS), que incluye la selección de elementos informativos, el diseño de las interfaces, la incorporación de módulos predictores, optimizadores, y la creación de reportes de múltiples archivos. El IDSSapi propuesto es flexible, amigable y personalizado. Tiene en cuenta métricas (KPI) que indican cómo la empresa progresa hacia sus objetivos principales. Ayudará a los apicultores respaldando la toma de decisiones empresariales u organizativas sobre problemas que pueden estar cambiando rápidamente y que no se diagnostican fácilmente con anticipación. Se recurre a métodos de aprendizaje automatizado mediante la formulación de un Algoritmo Genético como herramienta predictiva de propósito general.

Keywords: Intelligent Decision Support Systems, Beekeeping, Predictive Genetic Algorithms, Machine Learning

Abstract. The overall objective of this development is to design business strategies for the beekeeping sector by using specialised software for managerial decision making based on artificial intelligence. We present the conceptual design of an Intelligent Decision Support System (IDSS), which includes the selection of informative elements, the design of interfaces, the incorporation of predicting modules, optimisers, and the creation of multi-file reports. The proposed IDSSapi is flexible, user-friendly and customised. It takes into account metrics (KPIs) that indicate how the company is progressing towards its main objectives. It will help beekeepers by supporting business or organisational decision making on problems that may be rapidly changing and not easily diagnosed in advance. Machine Learning methods are employed because a Genetic Algorithm is formulated as a general purpose predictive tool.

1 INTRODUCCIÓN

La apicultura tiene el potencial de diversificar los ingresos de los agricultores, además de los beneficios agrícolas regulares. Esto puede hacer que el agricultor mejore sus beneficios y que la actividad sea también una fuente de ingresos atractiva y respetable para los jóvenes. Alrededor del 50% de toda la miel que se produce en Argentina tiene su origen en la Provincia de Buenos Aires. La actividad apícola no sólo es clave para el desarrollo económico y social de nuestro país, sino que tiene una importancia aun mayor para el medioambiente. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), alrededor del 75% de los cultivos alimenticios a nivel global dependen de la polinización de insectos.

Los cambios estructurales acontecidos en nuestro país desde décadas han producido modificaciones en las condiciones operativas de la economía. Este escenario obliga a las cooperativas apícolas a un replanteo estratégico para adaptarse a las nuevas exigencias competitivas. Uno de los mecanismos de cooperación que permite la creación de valor a través de la solución de problemas comunes de la actividad apícola es el empleo de recursos informáticos para soporte de las decisiones de gerenciamiento.

La toma de decisiones es una actividad inherentemente humana. Es posible mejorar la calidad de las decisiones desarrollando tecnologías informáticas que aumenten y amplíen las capacidades humanas. Los avances en Inteligencia Artificial (IA) han sido integrados en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, constituyendo una herramienta ahora denominada Sistemas Inteligentes de Soporte de Decisión (IDSS: Intelligent Decision Support Systems). El término inteligente se utiliza para describir sistemas que intentan imitar de algún modo las capacidades cognitivas humanas empleando herramientas de IA para razonar, aprender, recordar, planificar y analizar. Estas implementaciones se utilizan cada vez más como ayuda en ámbitos como las finanzas, la sanidad, el marketing, el comercio, el mando y control, y la ciberseguridad (Phillips-Wren, 2012).

Iliadis et al. (2003) describen un sistema de apoyo a la toma de decisiones que ha sido diseñado y desarrollado para evaluar y clasificar el perfil financiero de las principales cooperativas y empresas del sector apícola griego. Este sistema aplica un análisis multicriterio y contempla la liquidez, solvencia, eficiencia y rentabilidad de cada organización. El diseño está basado en reglas y utiliza un motor de inferencia para generar un ranking de las unidades apícolas. Más aún, Albayrak et al. (2018) diseñaron un sistema de información inteligente que se actualiza continuamente con datos meteorológicos. Es un sitio web abierto a los usuarios que obtengan un permiso. Ellos deben facilitar información sobre las abejas que tienen y elegir una provincia a la que les gustaría llevar sus colmenas. Este sistema les proporciona información de salida, tal como la cantidad potencial de miel que se puede producir con las colonias de abejas actuales en la región seleccionada, el tipo de miel, el nivel de potencial de rendimiento de miel, la época y altitud óptimas para la apicultura en la región seleccionada.

Por su parte, Robinson et al. (2021) ponen de relieve los retos y las oportunidades que plantea el suministro de sistemas de apoyo a la toma de decisiones para un público que suele estar motivado por el objetivo común de mejorar la supervivencia de las abejas melíferas, pero que tiene una amplia gama de conocimientos técnicos, prácticas aplicadas y argumentos de su interés. Enfatizan la importancia de comprender las razones por las que los apicultores pueden observar discrepancias entre sus experiencias directas y los indicadores modelados. Demuestran que a los apicultores les gustaría participar en los sistemas informáticos, pero que las herramientas y métricas ofrecidas deben desarrollarse más para que esa participación sea lo más beneficiosa posible.

Como herramienta de aprendizaje automatizado (ML: Machine Learning), puede recurrirse al empleo de Algoritmos Genéticos (GAs: Genetic Algorithms) (Katoch et al., 2021). Los GAs suelen utilizarse para resolver problemas de optimización. Sin embargo, se ha observado un creciente interés en usar GAs para clasificar o predecir cuestiones relacionadas con áreas como finanzas (Drachal y Pawłowski, 2021), medio ambiente (Pereira et al., 2022) o salud (Bhandari et al., 2022). Para predecir la bolsa de valores usando un GA, se han aplicado indicadores técnicos en la valoración de aptitud (Özbayoğlu y Erkut, 2010) Los indicadores técnicos se utilizan ampliamente en la previsión bursátil, sobre todo para activar las reglas de compra/venta en el análisis técnico. Por otra parte, en optimización de la supervisión de procesos empresariales y de plantas de producción mediante GAs, se ha recurrido a los indicadores clave de rendimiento (KPI: Key Performance Indicators) para lograr una mayor eficacia, rendimiento y visión de conjunto (Kaganski et al., 2017).

2 OBJETIVOS

El sector apícola argentino debe mejorar su productividad para aumentar la tasa de autosuficiencia del mercado en miel y otros productos apícolas afines. El objetivo global de la presente investigación es crear un IDSS para que las empresas y cooperativas del sector puedan maximizar sus ingresos apícolas siguiendo criterios científicos provenientes de un análisis sistematizado.

La creación del IDSS estará centrada en los usuarios, quienes serán profesionales capacitados responsables de la toma de decisiones para el gerenciamiento de una empresa o cooperativa apícola. Será un enfoque iterativo del diseño de interfaces que implica a los usuarios desde el principio y a lo largo de todo el proceso de diseño. A diferencia de los procesos de diseño tradicionales y lineales, se hará hincapié en una evaluación continua del diseño que depende de las opiniones de los usuarios reales para garantizar que se satisfacen sus necesidades. El proceso incluye seis fases iterativas: 1) evaluación de necesidades, 2) desarrollo conceptual, 3) creación de prototipos, 4) estudios de interacción y usabilidad, 5) implantación y 6) depuración. El objetivo específico del trabajo aquí presentado es analizar el mercado de la miel y plantear la segunda fase, es decir el diseño preliminar de un IDSS a medida del entorno apícola.

3 LA PRODUCCIÓN APÍCOLA

. En Argentina, la producción apícola se caracteriza por la dispersión geográfica de la actividad. La mayor concentración se da en la Región Centro. En el resto del país se desarrolla principalmente el eslabón primario con pequeños productores. Aunque su producción es de menor escala y de bajos recursos, estas regiones tienen un importante potencial por sus recursos florísticos (Cardin, 2018).

Carlevaro et al. (2004) estudiaron la cadena agroalimentaria de la miel en Argentina, revisando la relación de la dinámica de sistemas y la gestión de la cadena de suministro. Ellos destacaron la utilidad de la dinámica de sistemas como herramienta para predecir diferentes escenarios y para el rediseño de la cadena de suministro. Eligieron este caso de estudio por tratarse de un producto sencillo, que no requiere transformación industrial y cuya actividad está orientada a la exportación. Desarrollaron un modelo donde se consideran los aspectos esenciales de dicha cadena, reproduciendo con aceptable precisión el comportamiento real desde la situación inicial en enero de 1991 hasta el primer bimestre de 2002. En este período, China se consideró como el principal competidor de Argentina. A diferencia de Argentina,

China exportaba aproximadamente el 50% de su producción total, frente al 90% de Argentina. El análisis cuantitativo de diversos escenarios futuros tiene una validez limitada, debido a los cambios actuales en la situación económica del país. Se observó que la devaluación del peso tiene un efecto fuerte en la dinámica del modelo, escondiendo otros escenarios con menor impacto relativo.

La producción local de miel está traccionada por la demanda externa. Según Cardin (2018), quien proporciona cifras sobre la configuración productiva argentina hasta junio de 2018, Argentina perdió posicionamiento como productor desde 2007. De acuerdo con este informe, en 2018 existían 28.603 productores y 2,5 millones de colmenas en todo el país. Se exportaba alrededor del 95% de la producción. Argentina es el país con mayor cantidad de colmenas del hemisferio sur. En 2018 ocupaba el 7º lugar como productor de miel y el 2º como exportador.

La miel argentina es reconocida en el mundo por su calidad, siendo este el producto con mayor inserción internacional relativa. El concepto de "miel lenta" lanzado por Haefeker (2018), frente al modelo de "miel rápida" desarrollado en Asia, hace hincapié en la importancia de preservar el proceso natural de maduración de la miel. Solamente la transformación única y natural del néctar en miel elaborada por las abejas, que puede durar varios días en condiciones naturales, garantiza las propiedades físicas, bioquímicas y saludables finales de la miel. Según García (2018), la sostenibilidad de la industria apícola requiere más investigación científica sobre las propiedades de la miel relacionadas con la salud humana y la calidad, mejoras en los sistemas de trazabilidad, de comercialización y promoción.

Por su parte, Saini et al. (2022) clasificaron a los apicultores en función de sus conocimientos y prácticas. Además, mostraron que la alta resistencia de las obreras de una colonia de abejas melíferas es un factor muy importante si se quiere maximizar el rendimiento durante la temporada de flujo de miel, mientras que, durante el periodo de escasez, las colonias con una resistencia media (10 cuadros) resultaron económicas, con pérdidas mínimas. Las colonias débiles supusieron una pérdida recurrente en ambos casos, por lo que recomiendan que los apicultores debieran evitar las colonias de baja resistencia. La extracción de miel fue otro factor decisivo que influye en el crecimiento de las colonias y en la producción de miel.

Con respecto al ciclo de vida de la miel, Arzoumanidis et al. (2019) realizaron un estudio económico entre el servicio de polinización y la producción de miel. Sus resultados demostraron que la fase de producción es la más impactante para la mayoría de las categorías medioambientales, seguida de la fase de distribución. Esto se justifica considerando el uso de vidrio para los tarros de miel y al consumo de electricidad durante el almacenamiento de las alzas en cámaras frigoríficas. En cuanto a la calidad de los datos de este estudio, se calculó una puntuación de "calidad básica", empleando un método basado en los indicadores de calidad de los datos del Manual del Inventario de Ciclo de Vida (European Commission, 2010).

La miel tiene probabilidades de perder su calidad natural cuando se la somete a un tratamiento térmico incontrolado. La pérdida de la calidad natural se debe a la descomposición de las vitaminas, la destrucción de la integridad de las enzimas y al desarrollo del contenido de hidrometilfurfural (HMF). El contenido de HMF y las actividades enzimáticas son los parámetros de calidad de la miel reconocidos para penetrar y mantenerse en el mercado internacional. Dado que el calentamiento es de gran importancia en la industria comercial de procesamiento de la miel, es necesario disponer de directrices estándar para el uso de la temperatura óptima de calentamiento y la duración del tiempo (Eshete y Eshete, 2019). Por lo tanto, en el proceso de extracción no es aconsejable mezclar la miel de diferentes clientes.

4 CADENA DE SUMINISTRO DE LA MIEL

Una cadena de suministro es una red de personas y empresas que participan en la creación de un producto y su entrega al consumidor. En la Figura 1 se muestra un diagrama simplificado de los primeros eslabones de la cadena de suministro de la miel. Estos eslabones comienzan con los productores de miel y terminan cuando el producto acabado es entregado para su distribución. En particular, este trabajo se focaliza en la etapa de Extracción de la Miel, cuyo IDSS se describe en la Sección 5. En particular, recientemente hemos implementado algoritmos genéticos para optimizar la localización de las colmenas. Así, se ha incorporado una herramienta inteligente de ML denominada EVOBEE, la cual contribuye a la toma de decisiones en el manejo de este producto (De Meio Reggiani et al., 2022).

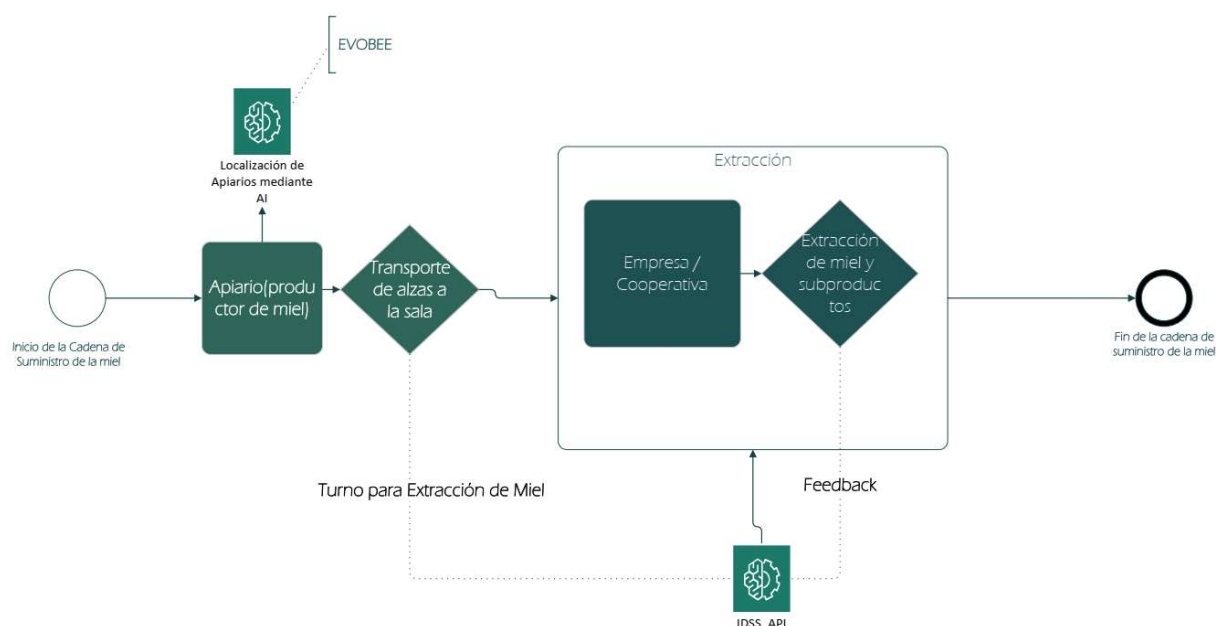


Fig 1: Diagrama simplificado de la cadena de suministro de la miel

5 DISEÑO CONCEPTUAL DEL IDSS

Los DSS modernos son sistemas de aprendizaje proactivo, rápidos, fiables y predictivos. Pocos investigadores en ciencias de la decisión los han explorado. Por lo tanto, las oportunidades en este campo de la investigación son enormes en lo que respecta a la integración de los sistemas de ayuda a la toma de decisiones basados en IA e investigación operativa (Gupta et al., 2022). En la Fig. 2 se presenta el marco conceptual de un IDSS aplicado a la producción apícola, al cual hemos denominado "IDSSapi". Este diseño conceptual es aplicable a empresas con menos de 50 empleados, ya que un número mayor corresponde a compañías con diferentes niveles de gerenciamiento. (Voss et al., 1998).

El IDSSapi consta de cinco módulos principales que colaboran de manera sinérgica para enriquecer y agilizar el proceso de toma de decisiones inteligentes. El Primer Módulo aborda la gestión de las bases de datos de entrada, que constituyen el pilar esencial de información sobre la cual se fundamentarán las decisiones. La gestión de estos datos se canaliza hacia el Segundo Módulo, el cual es un sistema de almacenamiento que puede estar basado en un entorno de nube, o bien en una base de datos escrita en el lenguaje SQL convencional. El Tercer Módulo se encarga de la creación y gestión de colecciones de datos específicos. Estos conjuntos son cuidadosamente diseñados en función de las salidas requeridas, lo que permite un estudio enfocado en áreas particulares, en lugar de abordar la totalidad de datos existentes.

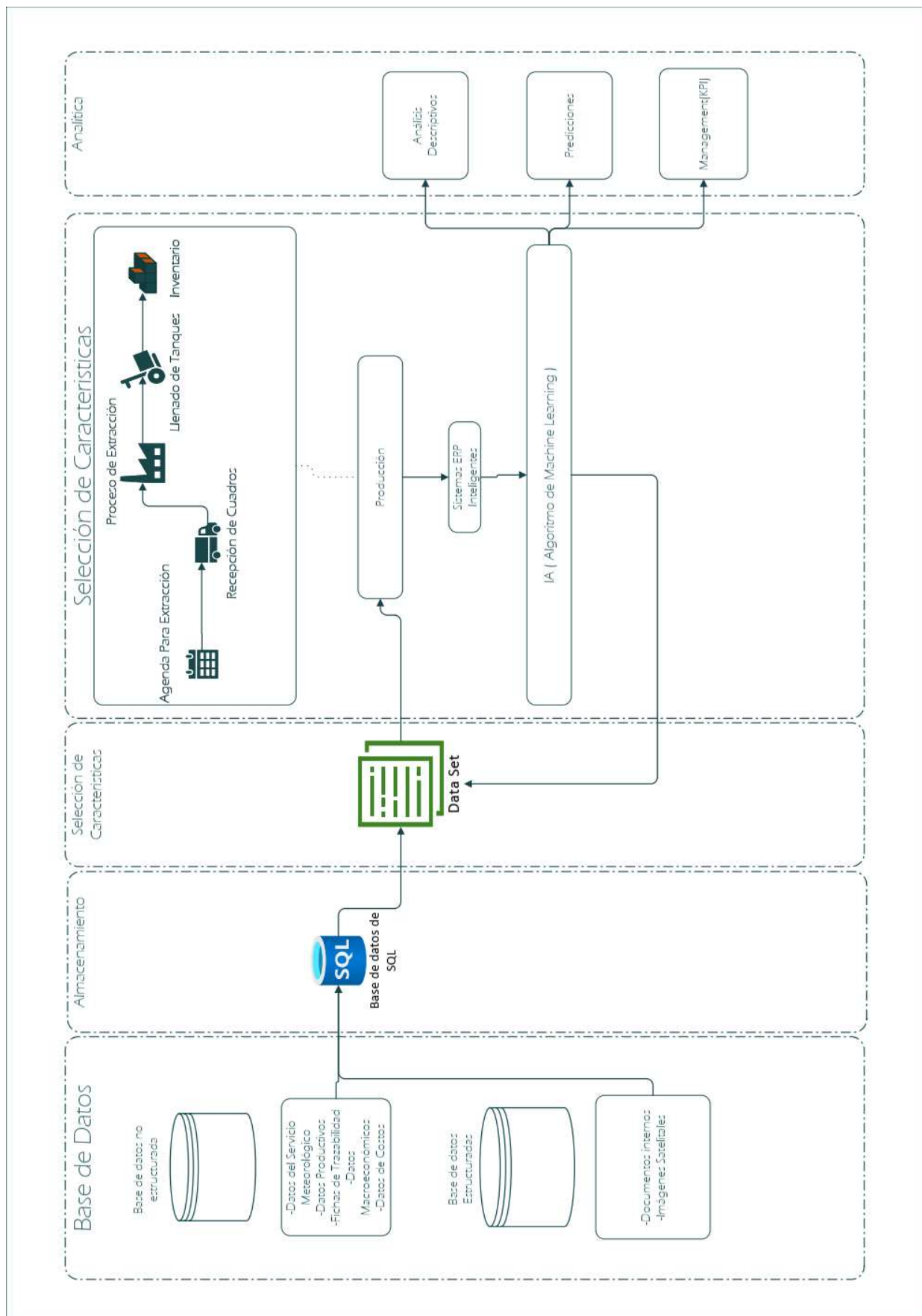


Fig.2 Esquema conceptual del IDSSapi

Esto conduce al uso más eficiente de los recursos de análisis y a la toma de decisiones más precisa y orientada. El Cuarto Módulo introduce la aplicación de técnicas de IA. En esta etapa, los usuarios interactúan con una interfaz que facilita análisis avanzados relacionados, por ejemplo, con la producción apícola. Se basa en herramientas de ML, previamente integradas en el IDSSapi. Estas técnicas permiten revelar patrones y relaciones en los datos que podrían no ser fácilmente perceptibles, brindando una perspectiva profunda y objetiva para respaldar la toma de decisiones. El Quinto Módulo es analítico y ofrece diversas opciones para realizar predicciones y optimizaciones específicas, incluyendo el optimizador GA predictivo y los sistemas de trazabilidad. Abarca aspectos de gestión empresarial, como el seguimiento de KPIs, esenciales para evaluar el rendimiento del negocio. Los resultados pueden traducirse en informes detallados, visualizaciones claras y recomendaciones concretas.

El sistema de producción de miel en Argentina está regulado actualmente por SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria), lo que obliga a las salas de extracción a tener una trazabilidad de los productos para poder ser comercializados. Esto es una ventaja, ya que las empresas cuentan con datos históricos, los cuales son necesarios para el diseño correcto de un sistema de toma de decisiones que contemple la trazabilidad.

La trazabilidad inteligente es un conjunto de actividades que pueden registrar identificaciones, recopilar datos, en diferentes etapas a partir de fuentes heterogéneas y recuperar toda o parte de la información del objeto que se procesa no sólo para rastrearlo y seguirlo, sino también para garantizar la seguridad del objeto dentro de su entorno. En este caso específico, un objeto puede ser la miel, un tambor o un contenedor. Los entornos son las entidades que rodean, afectan o interactúan con un objeto, incluyendo a personas, sensores, plantas, máquinas y operaciones. También es primordial incluir la ubicación y la hora de cada entidad. El elemento de datos incluye toda la información útil que ayude a la trazabilidad. Algunos datos esenciales para una trazabilidad efectiva son: el número de alzas, la cantidad y calidad de la miel de cada uno de los clientes de las salas de extracción y las fechas de entrada y salida del producto en la sala.

Los sistemas de trazabilidad deben participar en el proceso de toma de decisiones (Bougdira et al., 2020). Por lo tanto, se aconseja desarrollar una plataforma que emplee tecnologías semánticas y técnicas de computación en la nube. Esta aplicación facilitará el razonamiento sobre los datos de trazabilidad y proporcionará a los usuarios una base de conocimiento común para acceder y representar la información de trazabilidad.

6 CONSTRUCCIÓN DE UN ALGORITMO GENETICO PREDICTIVO

Los GA son algoritmos de búsqueda basados en el principio de la evolución biológica de Darwin (Darwin, 1859). Para alcanzar la solución al problema se parte de un conjunto inicial de individuos generados de manera aleatoria. Cada uno de estos individuos representa una posible solución al problema. El conjunto de todos los individuos constituye la población de soluciones. Los principios básicos del algoritmo canónico están explicados detalladamente en Goldberg y Holland (1988).

Los GAs se utilizan generalmente para resolver cálculos complejos como los de búsqueda, optimización y clasificación. Son algoritmos de búsqueda probabilística que encuentran la solución óptima de un problema que puede tener múltiples soluciones. En los GAs cada solución potencial se representa como un cromosoma. Un GA comienza con una población de individuos generados aleatoriamente que se combinan para formar soluciones mejores en cada evaluación. Estas variaciones se realizan mediante operadores genéticos, tales como el cruce y la mutación aleatoria. Durante cada evolución, se aplica la selección natural para elegir las

soluciones para la siguiente iteración. El criterio de selección natural se denomina aptitud (fitness). Las soluciones con mejores valores de aptitud, es decir los más altos, tienen más probabilidades de existir para la siguiente evolución. Una vez finalizado el ciclo iterativo, el GA proporciona la mejor solución que corresponde al mejor valor de fitness encontrado.

En este trabajo, se decidió emplear KPIs para plantear la función de aptitud porque son métricas ampliamente utilizadas para evaluar el rendimiento de un proceso productivo y detectar los cuellos de botella. Es evidente que el éxito de los KPI depende de su continua cuantificación. Dichas métricas deben ajustarse a las estructuras de la empresa, los procesos de producción y los flujos de datos internos y externos. Por ello, cada directivo debe seguir sus propios KPI y compararlos con los de la competencia, en el momento y lugar adecuados. Dado que cada indicador describe únicamente un sector y un ámbito concretos de la actividad de la empresa, los paquetes de indicadores de éxito deben ser construidos por la gerencia.

Según los objetivos propuestos por Doran (1981), los KPI deben poseer las cualidades SMART (SMART: Specific, Measurable, Achievable, Relevant and Timely), es decir que sean: Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y Temporales. El objetivo es emplear GAs para generar un conjunto de KPIs óptimos diseñados a medida de una empresa apícola. Cada KPI puede asociarse a su propia función de aptitud (fitness) y un modelo (Tieber, 2021), cuya fórmula es una función de algunas variables de diagnóstico del negocio (Plandor y Ladryova, 2012). Para una empresa apícola de mediana envergadura los principales KPIs son:

1. *Ventas/ingresos*: se necesita conocer el número de unidades vendidas, el precio de cada unidad y el costo total de los bienes vendidos.
2. *Clientes/base de clientes*: El seguimiento de esta razón proporciona a las empresas una clara comprensión del tamaño de su base de clientes. Esto les permite tomar decisiones estratégicas, como asignar recursos y presupuestos para captar más clientes o retener a los existentes. También ayuda a las empresas a identificar segmentos de clientes potenciales a los que dirigirse.
3. *Costo de los productos vendidos*: Es una medida del costo total de producción de los bienes y servicios que vende una empresa. Se calcula tomando los costos directos totales de producción de bienes o servicios y restando cualquier descuento o impuesto asociado a los bienes o servicios. Estos costos incluyen materias primas, mano de obra, transporte y cualquier otro costo asociado a la producción de bienes o servicios.
4. *Precio medio de venta*: Mide la cantidad media de dinero que una empresa gana con cada venta. Para los apicultores varía mucho en función del tipo de producto que se vende y de la región donde se vende.
5. *Margen de ganancia*: Sirve para evaluar el grado de rentabilidad de una actividad.
6. *Costo de adquisición de clientes*: Es el costo total asociado a la captación de un nuevo cliente. Incluye todos los gastos de marketing, ventas y atención al cliente incurridos en el proceso de convencer a un cliente potencial para que adquiera un producto o servicio.
7. *Índice de retención*: Es utilizado para medir el número de apicultores que permanecen en el sector durante un periodo de tiempo. Esta métrica permite a los apicultores hacer un seguimiento de la salud de su negocio y comparar sus resultados con los puntos de referencia del sector. Se calcula dividiendo el número de apicultores en un periodo determinado por el número total de apicultores al principio de ese periodo.

El relevamiento debería ser una evaluación exhaustiva del rendimiento empresarial a través de una serie de preguntas sencillas que van desde el volumen de ventas, la productividad y las cifras de rendimiento de los empleados. El proceso de diagnóstico proporcionado por la aplicación de autoevaluación empresarial generará un conjunto de resultados que servirán para

la generación de planes de acción. Al redactar las preguntas se tiene en cuenta que las respuestas deben ayudar a comprender la situación de la empresa y a identificar los cuellos de botella. Las preguntas están vinculadas a los KPI, lo que significa que, al responder a las preguntas, se seleccionará la métrica adecuada en función del peso de la respuesta. Los KPI se procesarán a partir de los resultados de la autoevaluación y proporcionarán un conjunto de indicadores para la medición del rendimiento de la empresa y el control de los procesos. Por lo tanto, para adecuar el IDSS a una empresa concreta, es necesario especificar un conjunto de indicadores clave de rendimiento en función de su misión y visión estratégica.

Un cromosoma adecuado para este planteo contendrá información sobre todos los KPI involucrados, con genes binarios que denoten el escenario. Para cada individuo se calculará un valor de aptitud total, el cual será maximizado por el GA (Plandor y Ladryova, 2012). De este modo, se hallará el escenario óptimo, en virtud de la combinación de KPIs que sea más rentable.

7 CONCLUSIONES

El IDSSapi adopta un enfoque integral y basado en Ciencia de Datos para contribuir a las mejoras en el gerenciamiento de la producción apícola. Mediante la integración de módulos que abarcan desde la gestión de datos hasta la aplicación de técnicas avanzadas de IA y análisis profundo, se busca proporcionar una plataforma sólida y completa para respaldar decisiones estratégicas y operativas en este sector crucial de la economía.

El IDSSapi podría desempeñar un papel muy importante en la evaluación no sólo de cada unidad apícola por separado, sino también de todo el sector. Con la aplicación de diferentes escenarios hipotéticos, se puede efectuar el análisis desde muchos aspectos diferentes y proporcionar información útil para el proceso de toma de decisiones. Se trata de una tarea muy difícil para los seres humanos, debido a la gran cantidad de cálculos y consideraciones necesarias. Todos los métodos clásicos de clasificación y evaluación financiera utilizan una gran cantidad de datos, consumen mucho tiempo y realizan una larga serie de cálculos, llevando al límite las capacidades humanas de razonamiento e inferencia.

Es importante subrayar que esta aplicación concreta es sólo el principio de un proyecto mucho más amplio. Se espera conseguir que la empresa apícola logre alcanzar la mejora continua y que tenga herramientas de diagnóstico para una planificación estratégica. El IDSSapi permitirá visualizar oportunidades y riesgos, medir la rentabilidad de la industria, elaborar una mejor estrategia empresarial competitiva, anticipar tendencias y detectar nichos de mercado. De este modo, la empresa podrá elaborar planes de marketing competitivos. En este artículo hemos dado algunos pequeños pasos en esa dirección. El reto a largo plazo es implementar este diseño preliminar a nivel de una empresa apícola específica, evaluando su desempeño y ajustando el IDSSapi a medida.

8 REFERENCIAS

- Albayrak, A., Duran, F., Bayir, R., Development of intelligent decision support system using fuzzy cognitive maps for migratory beekeepers. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 26(5), 2476-2488, 2018.
- Arzoumanidis, I., Raggi, A., Petti, L. Life cycle assessment of honey: considering the pollination service. *Adm Sci*, 9 (1): 27, 2019.
- Bhandari A, Tripathy BK, Jawad K, Bhatia S, Rahmani MKI, Mashat A., Cancer Detection and Prediction Using Genetic Algorithms. *Comput Intell Neurosci*, 2022.
- Bougdira, A., Akharraz, I., Ahaitouf, A. A traceability proposal for industry 4.0. *Journal of*

- Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11, 3355-3369, 2020.
- Cardin, R., Informe Cadenas de Valor Apícola. *Min. Hacienda Argentina*, 3,40, 2018.
- Carlevaro, M., Quagliano J., Fernandez S., Cetrangolo H., Honey agri food chain in Argentina: model and simulation. *Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 2004.
- Darwin, C., On the origins of species by means of natural selection. London: Murray, 1859.
- De Meio Reggiani, M.C., Villar, L.B., Vigier, H.P., Brignole, N.B., An evolutionary approach for the optimization of the beekeeping value chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 194, 106787, 2022.
- Doran, G. T., There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. *Management Review*, 70 (11): 35-36, 1981.
- Drachal, K.; Pawłowski, M., A Review of the Applications of Genetic Algorithms to Forecasting Prices of Commodities. *Economies* 2021, 9, 6, 2021.
- Eshete, Y., Eshete, T., A review on the effect of processing temperature and time duration on commercial honey quality. *Madridge Journal of Food Technology*, 4(1), 158-162, 2019.
- European Commission. 2010. *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook—Specific guide for Life Cycle Inventory Data Sets. EUR 24709 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 1^a ed., Marzo, 2010.*
- García, N., L., The Current Situation on the International Honey Market, *Bee World*, 2018.
- Goldberg, D. E., Holland, J. H., Genetic algorithms and machine learning. *Machine learning*, 3(2), 95-99, 1988.
- Gupta, S., Modgil, S., Bhattacharyya, S., Bose, I. Artificial intelligence for decision support systems in the field of operations research: review and future scope of research. *Annals of Operations Research*, 1-60, 2022.
- Haefeker, W., European “slow honey” in past, now and future. *Proceedings of the China Bee Products Conference, Xi'an, China*, 27-28, 2018.
- Kaganski, S., Majak, J., Karjust, K., Toompalu, S., Implementation of key performance indicators selection model as part of the Enterprise Analysis Model. *Procedia Cirp*, 63, 283-288, 2017.
- Katoch, S., Chauhan, S.S., Kumar, V., A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimed Tools Appl*, 80, 8091–8126, 2021.
- Iliadis, L., Batzios, C., Arabatzis, G., Liakos, V., The APIDESSYS multicriteria analysis decision support system: a tool for financial evaluation & ranking of Greek beekeeping industry. *Efita conference*, 815-822, 2003.
- Özbayoğlu, A. M., Erkut, U., Stock market technical indicator optimization by genetic algorithms. *Intelligent Engineering Systems through Artificial Neural Networks*, 2010.
- Pereira, J., Mendes, J., Junior, J.S., Viegas, C., Paulo, J.R. A Review of Genetic Algorithm Approaches for Wildfire Spread Prediction Calibration. *Mathematics*, 2022.
- Phillips-Wren, G., AI tools in decision making support systems: a review. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 21(02), 1240005, 2012.
- Plandor, D., Landryová, L., Generating KPI sets using genetic algorithms. *Proceedings of the 13th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 564-567, IEEE, 2012.
- Robinson, A. C., Peeler, J. L., Prestby, T., Goslee, S. C., Anton, K., Grozinger, C. M., Beescape: Characterizing user needs for environmental decision support in beekeeping. *Ecological Informatics*, 64, 101366, 2021.
- Saini, S., Chaudhary, O. P., Anoosha, V., Maximizing income through beekeeping (*Apis mellifera*) by following right management practices. *Journal of Apicultural Research*, 61(1), 19-25, 2022.

- Tieber, A., Manolache, D., Gheorghe, M., Analysis and development of a key performance indicators model for the paper industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1018. No. 1. IOP Publishing, 2021.
- Voss, C., Blackmon, K.L., Cagliano, R., Hanson, P. and Wilson, F., Made in Europe: small companies. *Business Strategy Review*, Vol. 9 No. 4, 1-19, 1998.