



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

TRABAJO FIN DE GRADO

**REVOLUCIÓN DIGITAL DE UNA BODEGA: POSIBLES
APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL
BIG DATA EN LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA**

Autor: Javier Díez Acero

Director: Raúl González Fabre

Madrid

Diciembre 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
REVOLUCIÓN DIGITAL DE UNA BODEGA: POSIBLES APLICACIONES
DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL BIG DATA EN LA INDUSTRIA
VITIVINÍCOLA

en la ETS de Ingeniería – ICAI / ICADE de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro,
ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Javier Díez Acero Fecha: 01/12/2023



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo: Fecha://



GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

TRABAJO FIN DE GRADO

REVOLUCIÓN DIGITAL DE UNA BODEGA: POSIBLES APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL BIG DATA EN LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

Autor: Javier Díez Acero

Director: Raúl González Fabre

Madrid

Diciembre 2023

REVOLUCIÓN DIGITAL DE UNA BODEGA: POSIBLES APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL BIG DATA EN LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

Autor: **Díez Acero, Javier.**

Director: Raúl González Fabre.

Entidad Colaboradora: **ICAI – Universidad Pontificia Comillas.**

Resumen

Este proyecto de investigación trata sobre las posibles aplicaciones que tienen el Big Data y la Inteligencia Artificial en el contexto del sector agroindustrial, más en concreto en una bodega de vino con ciertas características. Se comenzará el trabajo con una aproximación a las innovadoras tecnologías para entender mejor la manera en la que estos funcionan. A continuación, se procederá a realizar un estudio de varios casos de aplicaciones de estas tecnologías en el entorno agroindustrial, se analizarán casos de éxito, en qué consisten esas aplicaciones y qué beneficios traen a la empresa que las implementan. Una vez comprendido el estado de la cuestión se pasa a comprender mejor las posibles necesidades de una bodega de vino, ¿en qué áreas de la bodega de vino puede ser beneficiosa la implementación de aplicaciones de Inteligencia Artificial y Big Data?

Llegados a este punto se procederá a realizar unas propuestas de implementaciones, se estudiarán sus desafíos y posibles riesgos y, por último, se finalizará con unas conclusiones del proyecto.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Big Data, Agroindustria, Vino, Vitivinícola, Viñedos

Abstract

This research project focuses on the potential applications of Big Data and Artificial Intelligence in the context of the agro-industrial sector, specifically within a wine cellar (with certain characteristics). The work will begin with an exploration of these innovative technologies to better understand how they function. Subsequently, a study of various case applications of these technologies in the agro-industrial environment will be conducted, analyzing successful cases, outlining the nature of these applications, and examining the benefits they bring to the company implementing these applications. Once the state of the art is understood, efforts will be directed towards gaining a deeper understanding of the potential needs of a winery. In what areas of the winery can the implementation of Artificial Intelligence and Big Data applications be beneficial?

At this stage, proposals for implementations will be developed, with an examination of their challenges and possible risks. Finally, the project will conclude with a set of conclusions.

Keywords: Artificial Intelligence, Big Data, Agro-industry, Wine, Viticulture, Vineyards

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO DEL PROYECTO.....	10
1.1. INTRODUCCIÓN	10
1.2. MOTIVACIÓN.....	11
1.3. OBJETIVOS	11
1.4. METODOLOGÍA.....	12
1.5. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	12
2. CONCEPTOS: INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BIG DATA.....	14
2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	14
2.2. BIG DATA	16
2.3. CONFLUENCIA DE LA IA Y EL BIG DATA	17
3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BIG DATA EN LA AGROINDUSTRIA	19
3.1. CASO JOHN DEERE	20
3.2. CASO BODEGA MATARROMERA.....	22
3.3. CASO FARMERS EDGE	24
3.4. CASO CARGILL	26
3.5. CASO IBM – WATSON & WEATHER SIGNALS	28
3.6. CASO WINEGRID.....	30
3.7. CASO DEEP PLANET.....	32
3.8. CONCLUSIONES GENERALES DE LOS CASOS	33
4. ESTUDIO DE UNA BODEGA DE VINO Y POSIBLES ÁREAS DE INTERÉS	35
4.1. BREVE INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA	35
4.1.1. LA INDUSTRIA DEL VINO EN ESPAÑA: IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL....	35
4.2. DEFINICIÓN DE LA BODEGA DE VINO Y SUS COMPONENTES.....	36
4.2.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL VINO	37
4.2.2. ÁREAS Y ELEMENTOS DE INTERÉS EN UNA BODEGA.....	39
4.3. ÁREAS SUSCEPTIBLES DE SER MEJORADAS EN UNA BODEGA DE VINO.....	40
4.3.1. VIÑEDOS.....	40
4.3.2. PROCESO PRODUCTIVO Y CADENA DE SUMINISTRO	40
5. POSIBLES IMPLEMENTACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL BIG DATA EN UNA BODEGA DE VINO	41
5.1. POSIBLES IMPLEMENTACIONES.....	41
5.2. EVALUACIÓN DE DESAFÍOS Y OBSTÁCULOS	44
5.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS	45
6. CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	50

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Confluencia del Big Data y la Inteligencia Artificial	18
Ilustración 2. Dron de Blue River Technology	21
Ilustración 3. Bodega Matarromera	22
Ilustración 4. Esquema de funcionamiento de Farmers Edge	25
Ilustración 5. Herramienta 'Birdoo' en funcionamiento	27
Ilustración 6. Ejemplo de funcionamiento de Watson Decision for Agriculture	29
Ilustración 7. Esquema de funcionamiento de WineGrid	30
Ilustración 8. Esquema de funcionamiento de VineSignal.	32
Ilustración 9. Esquema de elaboración del vino tinto.	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para clasificar bodegas según su tamaño	36
---	----

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Inversión Corporativa Global en IA (miles de millones de \$)	15
Gráfica 2. Ejemplo de simulación de fermentación con WineGrid.....	31

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

La revolución digital ha transformado radicalmente la forma en que las empresas operan en todos los sectores, y la industria vitivinícola no es una excepción. Esto supone un claro cambio de paradigma para cualquier organización, aún más para una bodega de vino debido a sus fuertes raíces tradicionalistas y costumbristas, ya que, en el dinámico, competitivo y en ocasiones incluso agresivo mundo de las empresas impera la ley de adaptarse o morir.

La adaptación a esta revolución tecnológica se ha convertido prácticamente en una obligación estratégica para todas las empresas y, si bien este cambio de perspectiva para la industria puede traer diferentes dificultades, también supone una oportunidad de crecimiento única con la que mejorar múltiples aspectos de la producción en una bodega vinícola (eficiencia, calidad del producto final, compromiso corporativo con la sostenibilidad...)

En el presente trabajo se explorará cómo la combinación de la Inteligencia Artificial y el Big Data, o diversas aplicaciones de cada una de estas tecnologías por separado, puede revolucionar una bodega de vino, optimizando procesos, asegurando la calidad y aumentando la eficiencia en la gestión, lo que a su vez impactará en la toma de decisiones estratégicas y la competitividad en el mercado. Se estudiarán estas posibles aplicaciones a diversas áreas de la bodega y las dificultades y retos que su aplicación podría presentar en cualquier momento.

La Inteligencia Artificial y el Big Data son dos de las tecnologías más innovadoras en la actualidad gracias a sus múltiples aplicaciones y posibilidades. Varios enfoques y herramientas de estas tecnologías han sido usados, sobre todo en estos últimos años, para revolucionar diferentes industrias. Los casos de éxito de estas aplicaciones pueden servir en la realización de este proyecto como inspiración y ayuda para observar posibilidades y ejemplos.

El vino, por su parte, es una bebida de compleja elaboración la cual depende de varios factores (tipo de uva y calidad de esta, condiciones climáticas que inciden en el cultivo, diferentes técnicas de vinificación...), por lo que existen varias áreas en las cuales podría resultar de interés la aplicación de estas tecnologías, las cuales podrían desempeñar un papel muy importante en la mejora continua de los diferentes procesos de una bodega vinícola.

En resumidas cuentas, el propósito fundamental de este proyecto de fin de grado consiste en llevar a cabo un análisis exhaustivo de las potenciales aplicaciones de las tecnologías de la Inteligencia Artificial y Big Data dentro del ámbito específico de una bodega de vino. Se busca indagar en las diferentes formas en que estas innovadoras herramientas tecnológicas pueden ser utilizadas para mejorar y optimizar los procesos vinculados a la producción del vino.

1.2. MOTIVACIÓN

La industria vitivinícola representa una parte fundamental tanto en la cultura como en la economía de múltiples regiones del mundo, entre las cuales destaca de manera notable España. El proceso de elaboración del vino ha variado desde sus inicios con métodos artesanales hasta la actual industria perfeccionándose a lo largo de los años.

Por ello, tratando de contribuir a la supervivencia y la mejor preservación posible de esta práctica y tradición centenaria, base del entorno cultural español, es fundamental que esta industria evolucione a la par que el mundo lo hace hacia la era digital.

Las tecnologías de la Inteligencia Artificial y el Big Data por su parte han demostrado su capacidad para influir y transformar en numerosas industrias (medicina, automoción...) Utilizar este tipo de tecnologías en el proceso de elaboración del vino podría traer consigo múltiples mejoras a diferentes niveles: calidad, eficiencia, rentabilidad...

En resumen, una combinación de ambos motivos (deseo de conservar la cultura del vino y un fuerte interés en el Big Data y la Inteligencia Artificial) es la impulsora de este trabajo.

1.3. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es:

- Estudiar las posibles aplicaciones de la Inteligencia Artificial y el Big Data en los procesos de una bodega de vino grande, multimarca con viñedo propio.

Objetivos secundarios que surgen del planteamiento inicial del proyecto son:

- Introducir brevemente tanto la industria vitivinícola como los términos Inteligencia Artificial y Big Data.
- Analizar ejemplos concretos de implementaciones exitosas de la Inteligencia Artificial y el Big Data en el sector agroindustrial para extraer lecciones y buenas prácticas aplicables a la bodega en estudio.
- Definir el tipo de bodega que es objetivo del proyecto e identificar qué áreas clave de la bodega de vino se podrían ver beneficiadas de cualquier posible aplicación de las tecnologías de la Inteligencia Artificial y el Big Data.
- Evaluar los desafíos y obstáculos potenciales en la implementación de soluciones basadas en la Inteligencia Artificial y el Big Data en una bodega.

1.4. METODOLOGÍA

El primer paso a llevar a cabo en el proyecto será el de recopilar información que permita arrojar luz y dar unas primeras explicaciones teóricas. Tanto para clarificar los conceptos de las tecnologías que ocupan el proyecto (Inteligencia Artificial y Big Data) como para hacer una presentación de la industria vitivinícola, se llevará a cabo una revisión de la literatura existente acerca de ambas tecnologías y del sector del vino.

Hechas ambas presentaciones, que servirán como base y punto de partida para situar al lector en el enfoque de este proyecto, el primer paso importante será el de realizar un estudio y una búsqueda de ejemplos de casos de éxito y de buenas prácticas de aplicaciones del Big Data y la Inteligencia Artificial en diferentes empresas. Estos casos se obtendrán del ámbito de la aplicación de estas tecnologías a instalaciones industriales, preferiblemente bodegas o empresas con más parecido.

A continuación, recogidos los ejemplos necesarios se procede a analizarlos y partir de ellos tratar de identificar qué elementos y áreas de una bodega pueden ser susceptibles de mejorar digitalmente con cualquiera de las dos tecnologías mencionadas.

Una vez completados todos los pasos anteriores, desde el análisis inicial a la búsqueda y obtención de opciones, se desarrollará un informe final que contendrá las conclusiones obtenidas en la realización del proyecto.

1.5. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El proyecto constará de un total de siete capítulos a lo largo de los cuales se pretende ir logrando los diferentes objetivos planteados, tanto el principal de obtener posibles aplicaciones de ambas tecnologías en la enología, como todos los demás logros secundarios planteados.

En este primer capítulo se ha llevado a cabo una introducción general del proyecto, la motivación que ha llevado a la realización de este, se enumeran también los diferentes objetivos que se pretenden conseguir en el proyecto y se desarrolla la metodología utilizada para lograrlos. Por último, está este apartado de estructura en el cual se desglosan las partes del proyecto por capítulos a modo de resumen indicativo.

El segundo capítulo se centra en una breve presentación y clarificación de los conceptos Inteligencia Artificial y Big Data a modo de introducción de estos, su definición, funcionamiento, características y aplicaciones de manera que pueda servir de guía.

En el siguiente capítulo, el tercero, se llevará a cabo un análisis del estado de la cuestión. Se estudiarán ejemplos de buenas prácticas de la implementación de diferentes aplicaciones de la IA y el Big Data en el sector agroindustrial. Para realizar esto se estudiarán diferentes casos de empresas que han conseguido implementar de manera exitosa diferentes aplicaciones de cualquiera de estas dos tecnologías y se extraerán unas conclusiones.

El cuarto capítulo trata, en primer lugar, de proporcionar una visión general y global de la industria vitivinícola, con una posterior particularización en España. Se desarrollará también un análisis general de las bodegas de vinos, sus partes más importantes (atendiendo al proceso de elaboración del vino) y cuáles de ellas son susceptibles de ser mejoradas.

En el penúltimo capítulo se definen finalmente las posibles implementaciones de la Inteligencia Artificial y del Big Data en una bodega de vino. En este capítulo también se comentarán los posibles obstáculos y desafíos que pudieran aparecer a partir de las diferentes implementaciones, además de una descripción de posibles riesgos que puedan surgir a partir de estas implementaciones. Tanto para los desafíos como para los riesgos expuestos se tratará de proponer una manera o bien de evitarlos, o bien de mitigar sus efectos negativos en la medida de lo posible.

En el último capítulo, a modo de resumen del proyecto y de cierre, se comentarán los resultados obtenidos y se llegará a unas conclusiones que pretenden resumir los puntos más importantes que se han obtenido a lo largo de la realización de este proyecto de estudio, así como los resultados a los que se ha llegado.

2. CONCEPTOS: INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BIG DATA

Resulta fundamental realizar una primera aproximación a los dos términos protagonistas de este proyecto: el Big Data y la Inteligencia Artificial. Por tanto, en este capítulo se pretende introducir ambos conceptos antes de explorar sus posibles aplicaciones en la industria vitivinícola. Con una comprensión general de ambos términos se allanará el camino para estudiar su relevancia en el contexto de una bodega de vino. También se comentará el punto de encuentro entre ambos términos y cómo entra en juego la intersección de ambos campos, que además de presentar por separado varias aplicaciones, por su naturaleza, también son combinables y dependientes.

2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial, o IA, es el presente y futuro de la tecnología, pero ¿qué es exactamente?

El Parlamento Europeo define la Inteligencia Artificial como “la habilidad de una máquina de presentar las mismas capacidades que los seres humanos, como el razonamiento, el aprendizaje, la creatividad, la capacidad de planear...” (Parlamento Europeo, 2021)

Es un campo multidisciplinario que se centra en desarrollar sistemas y tecnologías capaces de emular algunas habilidades humanas. Estos sistemas se sirven de datos (ya recogidos o captados por sensores propios de la IA) y algoritmos para realizar tareas que, hasta hace poco, requerían del uso de la inteligencia humana para llevarlas a cabo.

La IA lleva entre nosotros unos 70 años. A Alan Turing se le ha considerado el padre de la Inteligencia Artificial por un artículo que realizó en 1950 titulado “Las máquinas pueden pensar” y en 1956 los informáticos Newell y Simon fueron los primeros en procesar información de manera lógica con una computadora (Ramos Forero, 2023). Si bien estos son los primeros casos documentados de una Inteligencia Artificial real, la realidad es que en los últimos años se están viviendo unos avances considerables en el marco de esta tecnología.

La Comisión Europea define los siguientes tipos de IA (Parlamento Europeo, 2021):

- Software: asistentes virtuales, software de análisis de imágenes, motores de búsqueda, sistema de reconocimiento de voz y rostro...
- Inteligencia artificial integrada: robots, drones, vehículos autónomos, Internet de las cosas (Internet of Things, o IoT, que es la interconexión entre dos o más dispositivos sin necesidad de intervención humana y con un intercambio de información entre ambos).

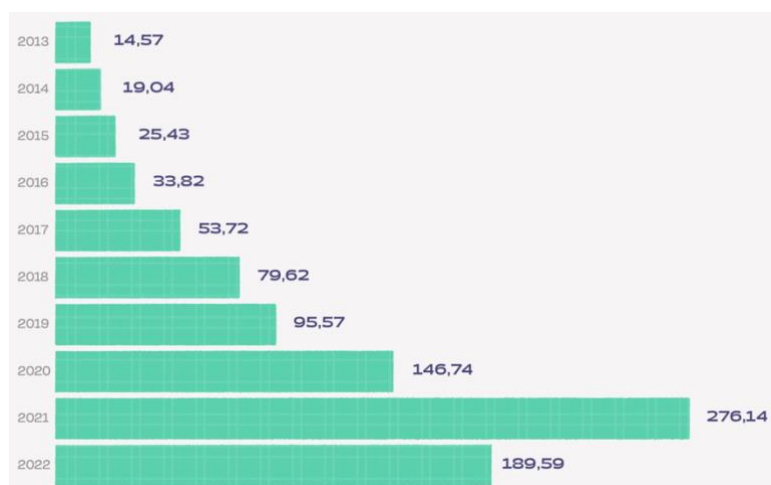
Las aplicaciones de estos tipos de Inteligencia Artificial son numerosas e incluso en algunos casos, de uso cotidiano. A continuación, se muestran varios de los usos existentes de la IA (Immune Technology Institute, 2021):

- Asistentes personales digitales (por ejemplo, Siri de Apple o Alexa de Amazon): herramientas de los smartphones que responden a preguntas, dan recomendaciones, ayudan a organizar rutinas...
- Traducciones automáticas: traducción instantánea tanto de textos escritos como orales, aplicable por ejemplo al subtulado inmediato.
- Búsquedas en internet: los motores de búsquedas habituales tienen incorporados sistemas de Inteligencia Artificial que les permite aprender de los datos proporcionados por usuarios para ofrecer búsquedas más relevantes.
- Casas inteligentes: un ejemplo claro serían los termostatos inteligentes que aprenden del consumo del usuario con el fin de ahorrar energía.
- Vehículos: La navegación de los vehículos autónomos se basa en gran medida en la IA.

Estas son varias de las aplicaciones más conocidas y cotidianas de la Inteligencia Artificial, si bien, no son las únicas y podemos encontrar múltiples ejemplos de usos importantes en industrias muy variadas: ciberseguridad, salud, transporte, administraciones públicas y servicios... Sin embargo, para la realización de este proyecto la industria más interesante para estudiar sería el sector agroindustrial. Más adelante se analizarán en profundidad las posibles aplicaciones de la IA en esta industria y sus usos, a priori, interesantes (control de temperatura, minimizar el uso de fertilizantes, pesticidas y el riego, optimizar el sistema logístico...)

Cabe destacar que la Inteligencia Artificial es un tema de actualidad, con mucho crecimiento en los últimos años y un potencial muy alto. Esto queda reflejado en la Gráfica 1 de manera muy clara.

Gráfica 1. *Inversión Corporativa Global en IA (miles de millones de \$)*



Fuente: *Our World in Data, AI Index Report 2023 (Stanford University)*

Una vez presentada su definición, potencial y algunas de sus más destacadas aplicaciones, conviene también clarificar que, si bien las ventajas de la IA son numerosas, existen muchos críticos con su uso y la IA presenta también varios dilemas éticos a los que tiene que hacer frente el uso de esta tecnología.

Los gobiernos están continuamente intentando regular en este ámbito, aunque la velocidad con la que la Inteligencia Artificial está creciendo, provoca que la implantación de estas regulaciones de algo completamente nuevo sea también lo más rápida posible, un reto sin duda, complicado.

Además de estos dilemas y primeros problemas más obvios (regulaciones que aseguran que un robot nunca puede dañar a un ser humano, la necesidad de la existencia de una limitación en su uso...), existen también dilemas éticos como la posibilidad de que la IA sustituya puestos de trabajo tradicionalmente humanos.

Solo los años determinarán si las ventajas son finalmente mayores que los peligros, pero lo que sin duda es actualmente una realidad es que el futuro estará marcado en gran medida por los diferentes avances que surjan en esta industria.

2.2. BIG DATA

El término “Big Data” hace referencia a grupos de datos complejos y de gran tamaño que exceden la capacidad de las herramientas tradicionales de tratamiento de datos para procesarlos (SAS Institute, 2023). El Big Data engloba datos de cualquier tipo (cantidades de ventas, datos climatológicos...) que pueden ser también conjuntos heterogéneos. El objetivo principal del Big Data es, por tanto, tratar de la manera más rápida posible y de forma veraz volúmenes grandes de datos.

Este objetivo se divide a menudo en tres dimensiones principales conocidas como las 3V (Laney, 2001): Velocidad, Volumen y Variedad:

- **Velocidad:** Rapidez con la que se generan y procesan los datos. En ciertas industrias la toma de decisiones casi instantáneas es crucial, por eso mismo, la velocidad a la que trabaja el Big Data es prácticamente a tiempo real.
- **Volumen:** La cantidad de datos generados y procesados continuamente es masiva, la procedencia puede ser de fuentes diversas (sensores, dispositivos, registros...) y estos conjuntos pueden llegar a ser incluso de exabytes (miles de millones de gigabytes).
- **Variedad:** un conjunto de datos puede presentar datos estructurados (bases de datos tradicionales), semiestructurados (documentos XML) o no estructurados (texto, imágenes, vídeo).

Con el tiempo se han ido añadiendo a estas dimensiones, algunas “Vs” más:

- **Veracidad:** Los datos han de ser confiables: cualquier defecto o inexactitud afecta directamente a la calidad del estudio.

- Valor: Hace referencia a la necesidad de que el tratado y estudio de los datos concluya en algo interesante y valioso. No tendría sentido el tratado de los datos de manera aleatoria y sin un objetivo claro.
- Variabilidad: Se refiere a la inconsistencia y a la posibilidad de que estos datos cambien de valor en el tiempo.
- Visualización: Capacidad de presentar los datos y resultados finales de una manera visual y comprensible.

El Big Data tiene un impacto significativo en gran cantidad de industrias (medicina, tecnología, militar, comercio, agricultura...). Nuevamente, el sector más interesante en este proyecto será el que engloba la industria vitivinícola (logístico, agricultura, comercial...).

Esta tecnología ha revolucionado también la forma en la que las empresas entienden a sus clientes, mejorando su toma de decisiones y optimizando la administración de recursos. Su uso para el tratado de datos masivos puede resultar tremendamente interesante para el caso que nos ocupa en este proyecto, la industria vitivinícola.

2.3. CONFLUENCIA DE LA IA Y EL BIG DATA

La confluencia de la Inteligencia Artificial y el Big Data es un fenómeno que ha transformado de manera significativa la manera en la que las organizaciones manejan y aprovechan sus colecciones de datos para la posterior toma de decisiones de una forma más informada.

Si bien las dos tecnologías tienen múltiples aplicaciones por separado, ambas se complementan entre sí y se potencian mutuamente siendo así capaces de ofrecer soluciones más poderosas, por lo que conviene estudiar las diferentes aplicaciones que una mezcla de ambas tecnologías ofrece.

Algunos ejemplos de situaciones en las que ambas tecnologías se utilizan a la par serían:

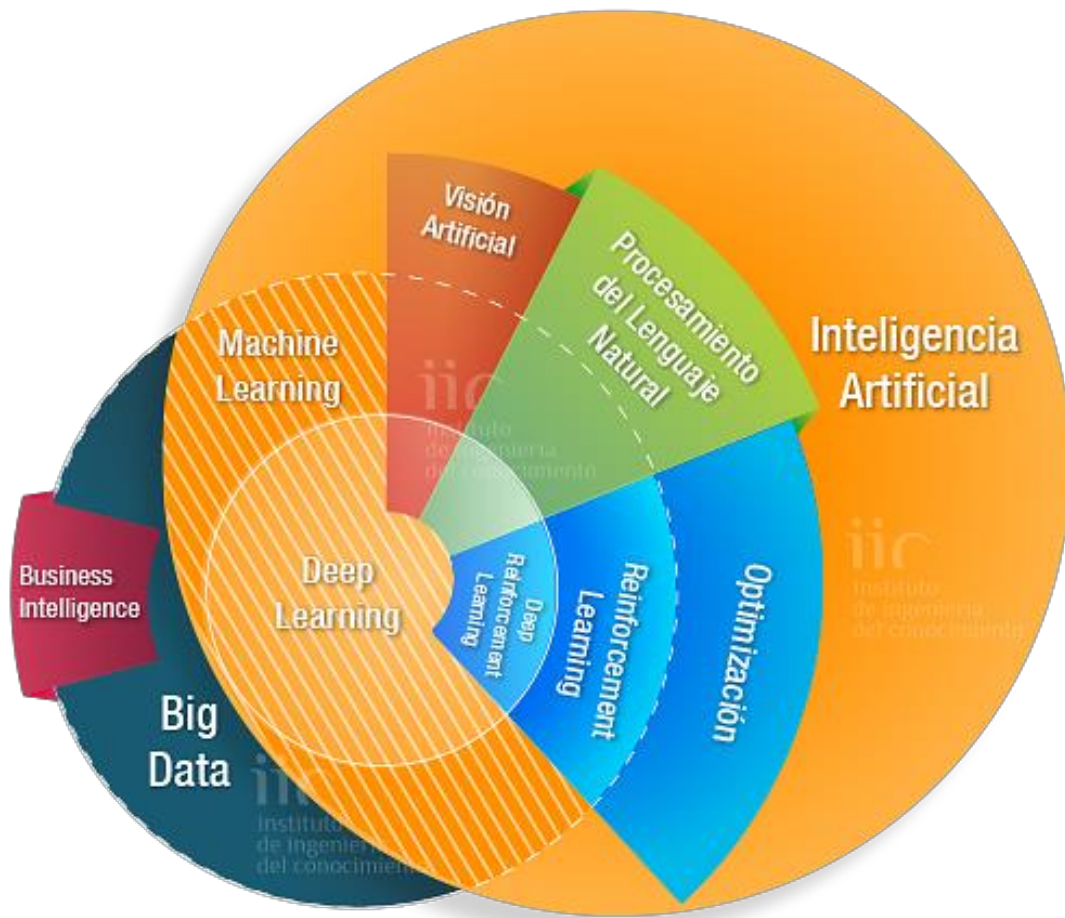
- En el procesamiento de grandes volúmenes de datos, el campo base del Big Data, la IA puede ser utilizada para analizar posibles patrones, tendencias y relaciones entre datos que pueden resultar mucho más complicadas de descubrir mediante el uso de tecnologías y métodos tradicionales.
- El aprendizaje automático (Machine Learning), es una rama de la Inteligencia Artificial en la cual se utilizan algoritmos con la intención de que un sistema aprenda a partir de datos. La confluencia entre IA y Big Data se da en este caso porque de los datos que el sistema tiene que aprender suelen ser paquetes de datos de gran tamaño, por lo que se necesitaría el uso del Big Data.
- Una combinación que podría resultar de interés para el presente proyecto es el análisis predictivo. La combinación de ambas tecnologías es capaz de desarrollar predicciones muy precisas, la Inteligencia Artificial con los algoritmos de Machine Learning puede prever tendencias futuras a partir de patrones históricos extraídos de grandes bases de datos.

En el proyecto actual, un posible uso de esta herramienta sería, por ejemplo, la predicción de una demanda.

- También con un posible interés alto en el actual trabajo, se puede utilizar la IA para analizar grandes cantidades de datos en tiempo real con el objetivo de optimizar procesos a partir de estos análisis.
- La Inteligencia Artificial también puede ser utilizada para automatizar tareas rutinarias y repetitivas, sobre todo en el tratado de estos grandes volúmenes de datos.

Aunque existen numerosas aplicaciones más a partir de la interconexión de estas dos herramientas, estas aplicaciones que han sido expuestas sirven de presentación y resultan de mayor interés para los objetivos que persigue el presente trabajo. Con todo esto, al integrar la Inteligencia Artificial y el Big Data, las organizaciones pueden tomar decisiones más informadas y estratégicas basadas en información precisa y a tiempo real, lo que constituye una mejora sustancial.

Ilustración 1. Confluencia del Big Data y la Inteligencia Artificial



Fuente: *Instituto de Ingeniería del Conocimiento (IIC, 2021)*

3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BIG DATA EN LA AGROINDUSTRIA

La agroindustria ha experimentado una profunda transformación impulsada por la incorporación de tecnologías como la Inteligencia Artificial y el Big Data. Este cambio de paradigma ha dejado atrás las prácticas agrícolas tradicionales, incorporando un conjunto de posibilidades que redefinen la manera de cultivar, gestionar y distribuir a escala global.

Tanto la Inteligencia Artificial, con su capacidad para imitar procesos cognitivos humanos, como el Big Data, con su habilidad para analizar y extraer conocimientos de conjuntos masivos de información, han acabado por generar una revolución digital en la agroindustria. Estas tecnologías no solo han mejorado los métodos de producción, sino que además han proporcionado soluciones innovadoras para abordar diferentes desafíos críticos como la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la eficiencia operativa.

La Inteligencia Artificial tiene múltiples aplicaciones en la agroindustria. Tres aplicaciones de esta en este sector son, por ejemplo, las siguientes (Cea Campos, 2023):

- Optimización del uso de agua y nutrientes: Esto se logra a través del análisis de datos provenientes de diversas fuentes (sensores de humedad, imágenes satelitales y datos del clima) permitiendo reducir así ajustar el consumo de agua y nutrientes.
- Prevención y control de plagas: Mediante el análisis de imágenes de drones y satelitales la IA puede ayudar a detectar y prevenir peligros en los cultivos.
- Automatización de tareas y optimización de cadena de suministros.

En cuanto al Big Data y su relación con la agroindustria, si bien todavía existe un amplio potencial para desarrollar sus aplicaciones en el sector, hoy en día ya existen iniciativas que utilizan sus herramientas. Algunas ventajas que aporta el Big Data en los procesos agroindustriales son las siguientes (Domene, 2018):

- Mejores decisiones: La tecnología del Big Data permite una nueva perspectiva, procesando la abrumadora cantidad de datos generados diariamente y analizando el comportamiento de los clientes para tomar decisiones más acertadas, reduciendo así los riesgos asociados a depender exclusivamente de métodos más tradicionales.
- Anticipar nuevas tendencias de consumo: El Big Data permite realizar predicciones sobre los hábitos de consumo, incluyendo las nuevas exigencias del cliente o los cambios en la demanda.
- Elevar la calidad del producto: Una última ventaja que permite la implementación del Big Data es resultado de todas las demás, mejorando en todo el resto de los aspectos se consigue mejorar la calidad final del producto.

Con este contexto, en el presente apartado se estudiarán varios ejemplos concretos de empresas pertenecientes al sector agroindustrial que han sido capaces de implementar con éxito alguna aplicación de estas tecnologías.

3.1. CASO JOHN DEERE

John Deere ha liderado la revolución digital en el sector agroindustrial con la implementación de la agricultura de precisión, una sinergia entre Big Data e Inteligencia Artificial (AECOC, 2018). Esta iniciativa se centra en la utilización de sensores y sistemas de telemetría para recopilar y analizar datos en tiempo real.

John Deere es uno de los fabricantes de maquinaria y servicios agrícolas más importantes del mundo; el gigante norteamericano controla casi el 60% del equipamiento agrario del sector. Establecida en Illinois, Estados Unidos, la empresa fue fundada por el homónimo John Deere hace más de 180 años, en 1837. Dentro de Deere & Company se engloba una cartera de más de 25 marcas, las cuales buscan proporcionar diversas soluciones en varios sistemas de producción. Una de estas marcas es Blue River Technology, una empresa que aplica el Machine Learning a la agricultura, adquirida en 2017 por 305 millones de dólares (Medium, 2017) y origen de la última revolución tecnológica desarrollada por John Deere.

Esta adquisición permitió a John Deere el desarrollo de un rociador para cultivos que utiliza la tecnología ‘See & Spray’, la cual, mediante el uso de Inteligencia Artificial, cámaras y Machine Learning optimiza la aplicación de pesticidas y fertilizantes. Las aplicaciones de este sistema para la gestión de cultivos con Inteligencia Artificial son las siguientes:

- Control de malezas: El sistema usa la tecnología de Machine Learning para, mediante las grabaciones de las cámaras, detectar y eliminar de una manera selectiva y precisa las malezas, minimizando de esta forma la necesidad de utilizar pesticidas químicos.
- Aplicación de fertilizantes: La Inteligencia Artificial permite la aplicación de fertilizantes para cada planta de manera individual, optimizando el rendimiento del cultivo.

Estos avances implementados a la ya de por sí avanzada maquinaria agrícola actual está permitiendo obtener nuevos conocimientos, mejorar el proceso de toma de decisiones y optimizar la eficiencia. Según Blue River Technology (BRT, 2021), este tipo de agricultura, que denomina agricultura de precisión, optimiza la calidad de los terrenos agrícolas, disminuye la necesidad de pesticidas y reduce también la resistencia de las malezas a los herbicidas. Lo más interesante es que desde la empresa se asegura que al mismo tiempo de todo lo anterior se logra un ahorro sustancial del 95% en la aplicación de aerosoles en comparación con el uso de técnicas tradicionales.

Todas estas ventajas no solo repercuten en beneficios directos para la empresa, sino que, además, pueden resultar atractivas para los consumidores, ya que reducir el uso de los pesticidas tiene mostrados beneficios para la salud y reduce el impacto negativo sobre el medio ambiente. Esta doble vertiente de resultados reporta un gran valor a la empresa.

Ilustración 2. Dron de Blue River Technology



Fuente: Food Safety Magazine (2017)

Pero esta última innovadora opción no es la única aportación que ha hecho John Deere en el campo de la implementación de las últimas tecnologías en la agroindustria. Estos son algunos de los ejemplos de su historia en la innovación tecnológica:

- **GPS en Tractores:** En 1994 la empresa estadounidense creó el Precision Farming Group, desde entonces John Deere ha estado incorporando GPS en tractores semiautónomos, dando lugar al sistema AutoTrac guidance system en 2002. Este sistema, ampliamente utilizado hoy, ha mejorado la eficiencia en tareas como el arado y la siembra.
- **Intelligent Solutions Group (ISG):** Con más de 200.000 máquinas que transmiten datos agronómicos de manera inalámbrica, John Deere ha desarrollado servicios y aplicaciones basados en datos. Estas plataformas ayudan a los agricultores con información crucial para la toma de decisiones gestionando una cantidad masiva de datos.
- **Realidad Virtual (VR):** John Deere ha incorporado la realidad virtual durante las últimas dos décadas, permitiendo a los consumidores simular operaciones agrícolas en su laboratorio de realidad virtual en Iowa.
- **Red de Centros de Innovación:** La compañía ha establecido centros de innovación tecnológica en todo el mundo (India, China, Alemania, Brasil...) para impulsar la investigación y desarrollo.

En el caso de John Deere son fácilmente comprobables algunos beneficios que la implementación de tecnologías como la Inteligencia Artificial, Big Data y similares pueden tener en la industria. No solo ha aumentado la eficiencia agrícola, con ahorros significativos en coste de materiales y tiempo, sino que además esto se consigue mientras que se está realizando una innovación sostenible.

Sin embargo, es verdad que presenta ciertos desafíos también, como puede ser la falta de conectividad todavía en muchas zonas rurales, que al final son el público objetivo de esta innovación.

3.2. CASO BODEGA MATARROMERA

Un ejemplo muy interesante también es el de la Bodega Matarromera, un caso menos internacional que el anterior y, además, desenvuelto en la industria vitivinícola. La empresa familiar es un buen ejemplo de incursión en la revolución digital (Cambio16, 2022)

Ilustración 3. Bodega Matarromera



Fuente: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2023)

Situada en Valbuena, localidad dentro de la denominación de origen Ribera del Duero, la Bodega Matarromera se dedica a la elaboración de vinos tintos grandes reservas, reservas y crianzas, y un vino blanco (Matarromera, 2023). En 1988, Carlos Moro decidió recuperar la tradición familiar de cultivar viñedos y dedicarse a la tradición del vino. Actualmente es reconocido como uno de los empresarios españoles más innovadores y comprometidos; de hecho, en 2016 Carlos fue galardonado con el Premio Nacional de Innovación que otorga anualmente el Ministerio de Economía y Competitividad.

La Bodega Matarromera ha integrado las tecnologías del Big Data, Internet of Things (IoT) y la Inteligencia Artificial en todos los aspectos de sus procesos de producción. Estas implementaciones no solo han mejorado la calidad del producto final, sino que también han allanado el camino hacia la sostenibilidad medioambiental, como sucede también en el caso de John Deere. De hecho, la sostenibilidad ha sido desde la creación de la bodega un signo distintivo de la Bodega defendido por su fundador, Carlos Moro, una labor que engloba todos los ámbitos de la compañía por sus ideales y valores.

Algunos ejemplos de distintas aplicaciones de estas tecnologías que la Bodega está utilizando son los siguientes:

- Plataforma de gestión integral basada en el Big Data y la Inteligencia Artificial que recoge y procesa datos cruciales de sus viñedos y campos de cultivo. Con esta herramienta, la Bodega es capaz de llevar a cabo un monitoreo detallado de las condiciones agronómicas.

La aplicación de algoritmos de Inteligencia Artificial en conjunto con el procesamiento de los datos recogidos permite prever problemas como plagas o enfermedades en sus cultivos, permitiendo a la Bodega elaborar respuestas proactivas a tiempo para evitar complicaciones. La detección temprana, que es posible gracias a recopilar y analizar datos en tiempo real, permite una respuesta veloz y específica, minimizando el uso de productos químicos y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

- Esta digitalización de la Bodega también incluye los datos recogidos por los tractores, capaces de interactuar con la plataforma de gestión brindando así una visión completa y detallada del trabajo en el campo. Esta interconexión permite la toma de decisiones de manera informada, optimizando la eficiencia en la gestión de recursos y operaciones agrícolas.
- La Bodega ha incorporado también sensores para la automatización del fertirriego, utilizando datos recopilados para ajustar el consumo de agua y nutrientes de sus cultivos.

Esta plataforma permite a la Bodega gestionar sus viñedos de manera inteligente. Los cultivos reciben agua, fertilizantes o fitosanitarios sólo cuando es estrictamente necesario, de esta manera reducen la huella hídrica y optimizan su proceso.

- Otra innovación que se ha llevado a cabo desde la Bodega Matarromera, desde su compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente, es la implementación de sensores y estaciones meteorológicas. Esta implementación tiene como objetivo prever el comportamiento del clima en los viñedos y, de esta manera, garantizar un estándar de calidad en el producto.
- Una integración en su sistema de producción que también resulta de sumo interés es la visión artificial. La Bodega ha integrado esta herramienta en todo su proceso productivo, desde la selección de uvas hasta el embotellado final.

El sistema garantiza, en la selección de uvas, una criba casi óptima de aquellas uvas a desechar a la hora de hacer vino. También permite, en la etapa final del proceso de elaboración del vino, garantizar un nivel de llenado adecuado, detectar posibles imperfecciones en las botellas, la correcta posición del tapón de corcho y controlar de manera minuciosa el embotellado y etiquetado de las mismas.

Con esta implementación cabe resaltar que no solo se está mejorando la eficiencia operativa de la compañía, sino que también se asegura una trazabilidad (es importante en las bodegas de vino saber el origen de las diferentes botellas, ya que en muchas ocasiones un vino proviene de mezclas de uvas, transvases de depósitos...) y que la calidad del producto cumpla ciertos objetivos.

En resumen, la Bodega Matarromera, en gran parte gracias al compromiso con la innovación de su fundador, tiene consolidada su posición como un referente en la Agricultura 4.0 en España. Esta posición como referencia en el sector viene de que la aplicación de tecnologías de Big Data e Inteligencia Artificial se extiende por todas sus áreas del proceso productivo, consolidando un enfoque integral que busca intensificar la producción de manera sostenible y reducir los impactos del cambio climático. Su enfoque en la digitalización y la sostenibilidad no solo le ha valido reconocimientos nacionales, sino que también ha redefinido el estándar para la producción de vinos en armonía con el entorno.

3.3. CASO FARMERS EDGE

Farmers Edge es una empresa canadiense fundada en 2005, líder global en el ámbito de la agricultura digital. Al igual que en ejemplos anteriores, dos pilares fundamentales de la empresa son la innovación y la sostenibilidad.

Esta empresa, con el objetivo de abordar los desafíos y obstáculos que enfrentan a diario los agricultores contemporáneos, ha implementado soluciones innovadoras basadas en las tecnologías del Big Data y la Inteligencia Artificial.

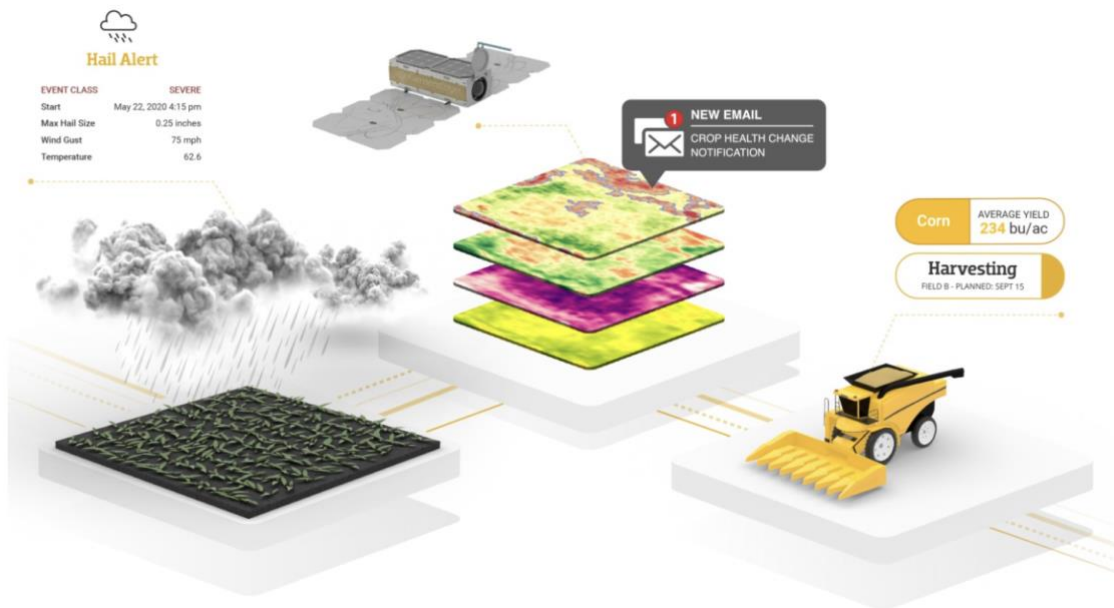
Algunas de las aplicaciones concretas de estas tecnologías que ha implementado la empresa canadiense son (Cea Campos, 2023):

- La estrategia de Farmers Edge implica el uso de análisis de Big Data con el fin de dar la información más detallada posible a los agricultores, permitiéndoles una gestión de sus cultivos basada en datos. Esto abarca desde datos meteorológicos en tiempo real hasta un análisis del suelo y un monitoreo continuo de la salud de los cultivos. Los agricultores disponen de estos datos analizados en plataformas digitales mediante las cuales pueden tomar decisiones informadas sobre aspectos como el riego, la fertilización y los tratamientos fitosanitarios.

Nuevamente aparece la IA utilizada para optimizar la utilización de recursos en el tratado de los cultivos. Un análisis de los cultivos con estas tecnologías permite definir la cantidad exacta que se necesita de cada recurso permitiendo de esta manera un ahorro económico y sostenible.

- Farmers Edge utiliza también la Inteligencia Artificial con el fin de predecir rendimientos. Analizando diversas variables (condiciones climáticas, calidad del suelo, historial de cultivos...) consigue prever rendimientos futuros, esta capacidad predictiva permite a los agricultores planificar sus movimientos, desde la siembra hasta la cosecha, optimizando recursos y mejorando la rentabilidad.

Ilustración 4. Esquema de funcionamiento de Farmers Edge



Fuente: Farmers Edge (2020)

- La plataforma de Farmers Edge también utiliza tecnología de visión artificial por ordenador para supervisar la presencia de plagas y enfermedades en los cultivos.

Imágenes de alta resolución capturadas por drones o satélites son analizadas por algoritmos de Inteligencia Artificial, permitiendo una detección temprana y respuestas adecuadas y a tiempo para minimizar los daños.

Al igual que se vio en el caso de John Deere, la empresa canadiense también ha encabezado la adopción de la agricultura de precisión. De esta manera la aplicación de tecnologías como el Big Data permite definir el gasto óptimo de insumos (agua, fertilizantes...). Además, la Inteligencia Artificial le permite tanto predecir comportamientos de los cultivos como detectar posibles fallas en los mismos.

El uso de estas aplicaciones tiene múltiples beneficios probados. En primer lugar, un claro aumento de la eficiencia ocasionado por la toma de decisiones basadas en información precisa y constantemente actualizada. También hay que destacar la optimización de recursos que permite un ahorro significativo del uso de recursos.

Además de todos los beneficios mencionados cabe añadir el impacto positivo en el medio ambiente de las prácticas de Farmers Edge: con la sustitución de prácticas tradicionales por las ya expuestas ha conseguido reducir contaminación y huella ambiental de la agricultura.

En resumen, Farmers Edge no solo ha sido pionero en la revolución digital en la agricultura, sino que ha cosechado resultados reales y beneficios significativos para los agricultores, la eficiencia y el medio ambiente. Su enfoque sienta las bases para una agricultura más inteligente, sostenible y productiva en el futuro.

3.4. CASO CARGILL

La empresa Cargill es una multinacional estadounidense con sede en Minnesota que fue fundada en 1865 y opera en el sector de la agroindustria. Sus actividades principales son la compra, venta y distribución de granos, de pienso ganadero y la venta de ingredientes a farmacéuticas. La empresa ha crecido hasta convertirse en la mayor corporación estadounidense (en ganancias) que no cotiza en bolsa (Forbes, 2023).

El caso de la empresa Cargill se centra en la integración de las tecnologías de la Inteligencia Artificial y el Big Data en su cadena de suministro.

En primer lugar, la cadena de suministro de Cargill se ve muy beneficiada del uso del Big Data que hace en ella. La compañía utiliza plataformas de análisis avanzadas para la recopilación y procesamiento en tiempo real de conjuntos masivos de datos. Este proceso abarca desde la supervisión de condiciones meteorológicas hasta el rastreo de los precios del mercado y la gestión de inventarios. La capacidad para procesar y entender estos conjuntos extensos de datos permite a Cargill tomar decisiones estratégicas más fundamentadas en cada fase de su cadena de suministro.

Por su parte, la Inteligencia Artificial ha sido muy importante en la optimización de los procesos de Cargill. La empresa consigue analizar datos históricos y en tiempo real utilizando algoritmos de aprendizaje automático, lo que les permite prever patrones y tendencias en la demanda, la producción y la distribución. Cargill consigue, de esta manera, ajustar en el momento su cadena de suministro para adaptarse a las condiciones dinámicas del mercado y minimizar el desperdicio.

La empresa también utiliza ambas tecnologías con el objetivo de rastrear cada paso de su proceso de producción, desde la granja hasta el consumidor. Esto garantiza una transparencia en la cadena de suministro que le permite a la compañía tener trazabilidad de sus productos, algo que repercute también en la calidad final del producto, ambas cosas prioridades claves para cualquier empresa de este sector.

Un ejemplo más reciente de aplicaciones que utiliza Cargill de estas tecnologías es el reciente desarrollo por parte de la empresa estadounidense de ‘Birdoo’ (PR Newswire, 2022), una herramienta que utiliza la Inteligencia Artificial para estimar en tiempo real y sin necesidad de intervención humana el peso de pollos de engorde utilizando visión artificial y análisis predictivo.

Esta tecnología única aprovecha la visión artificial para obtener información de la bandada de aves en tiempo real con datos de modelado predictivo. Esto ayuda a los productores a tomar decisiones informadas más rápidamente mientras consiguen sus resultados financieros. Obteniendo además una mejor salud y bienestar animal, mayor uniformidad y mejor rendimiento de sus bandadas de aves.

De esta manera la tecnología ‘Birdoo’ permite a Cargill:

- Reemplazar el pesaje manual de pollos por un pesaje preciso con imágenes 3D. Con esta tecnología se consigue una estimación de peso con una precisión superior al 95%

- Realizar un seguimiento en tiempo real del rendimiento y la variabilidad del peso en los animales. Una plataforma en la nube permite a los agricultores realizar un seguimiento del animal y anticipar problemas para obtener mejores resoluciones y resultados.
- Reducir la variabilidad en el proceso y ahorrar costes con una mejor planificación. Los datos de predicción de peso ayudan a Cargill a criar pollos de manera más eficiente y sostenible al mejorar la relación de conversión de alimento, reduciendo así la variabilidad.

Ilustración 5. Herramienta 'Birdoo' en funcionamiento



Fuente: Feed Navigator (2022)

Cargill ha apostado por la colaboración y la conectividad en toda su cadena de suministro. Plataformas digitales facilitan la comunicación y la colaboración entre diferentes actores, desde agricultores hasta minoristas. Esta conectividad mejora la eficiencia operativa y la toma de decisiones colaborativas, lo que beneficia a toda la cadena de suministro en conjunto.

La integración exitosa del Big Data y la Inteligencia Artificial ha posicionado a Cargill como un líder en innovación sostenible en la agroindustria. La empresa ha logrado mejorar la eficiencia operativa, optimizar la gestión de recursos, garantizar la calidad del producto, todo ello mientras es capaz de promover la sostenibilidad en toda su cadena de suministro.

Este caso destaca cómo la combinación de tecnologías avanzadas puede tener un impacto significativo no solo en la rentabilidad de una empresa, sino también en su capacidad para abordar desafíos críticos relacionados con la sostenibilidad, el medio ambiente y la responsabilidad social.

3.5. CASO IBM – WATSON & WEATHER SIGNALS

La conocida multinacional IBM (International Business Machines Corporation) es una empresa tecnológica dedicada a comercializar tanto hardware como software para ordenadores, además de ofrecer servicios que abarcan desde infraestructura hasta consultoría en diversas áreas de la informática. Sus áreas de especialización incluyen desde ordenadores centrales hasta nanotecnología, pasando por Inteligencia Artificial y computación cognitiva (IBM, 2023).

Con esta premisa, la empresa tecnológica también tiene en ocasiones la oportunidad de realizar soluciones tecnológicas para empresas de diversos sectores. En el caso que ocupa al actual proyecto, es de interés resaltar el desarrollo de la herramienta Watson por parte de IBM. La apuesta de IBM es que la recopilación de datos del cultivo y ambientales y el aprendizaje automático pueda proporcionar información y mejores prácticas sobre cultivos para los agricultores.

Con el lanzamiento de esta herramienta la intención de IBM era mejorar el futuro del sector de la alimentación y los cultivos. La plataforma Watson Decision for Agriculture tiene como objetivo combinar análisis predictivo e Inteligencia Artificial con datos sobre el clima y sensores que utilicen Internet of Things (IoT) para de esta manera ser capaces de proporcionar a los agricultores información en tiempo real sobre arado, siembra, cosecha... (Dignan, 2019).

La aplicación de la plataforma Watson Decision for Agriculture se centra en mejorar la eficiencia, toma de decisiones y productividad en el sector. Todo esto lo logra siendo capaz de lo siguiente:

- Watson se puede utilizar para un análisis muy detallado de datos agronómicos (información del suelo, condiciones meteorológicas, prácticas de cultivo...).

Con toda esta información los agricultores son capaces de comprender más en detalle los cultivos con los que trabajan y tomar mejores decisiones en lo que respecta a tiempos para sembrar, cantidades necesarias de riego y fertilización y situaciones similares.

- La capacidad de Watson para procesar conjuntos masivos de datos permite a los agricultores optimizar el rendimiento de sus cultivos. La Inteligencia Artificial puede identificar patrones y tendencias en los datos, proporcionando recomendaciones específicas para mejorar la productividad y reducir los riesgos que vengan asociados con enfermedades y plagas.

Es interesante también destacar como Watson utiliza modelos de aprendizaje automático para realizar predicciones climáticas con mayor precisión. Esto es importante para la planificación agrícola, ya que los agricultores pueden anticipar mejor la ocurrencia de posibles eventos climáticos extremos, cambios en las condiciones del suelo y otros factores que podrían afectar la cosecha.

Ilustración 6. Ejemplo de funcionamiento de Watson Decision for Agriculture



Fuente: Space Watch (2019)

Para realizar estas predicciones Watson se vale de otra herramienta elaborada por IBM, Weather Signals (MarketScreener, 2019), una herramienta de Inteligencia Artificial que tiene como objetivo predecir cómo reaccionarán ciertos elementos al clima en tiempo real. Weather Signals puede ser utilizado para planificar mejor la producción, logística, inventario y cadena de suministro de una empresa.

Esta plataforma a su vez se integra con herramientas de análisis de datos como Tableau para combinar diferentes datos con los datos meteorológicos obtenidos, algo sin duda de interés en el sector de la agroindustria.

La combinación de las herramientas de Watson y Weather Signals fusionando datos meteorológicos con los operativos de una empresa puede resultar de interés ya que juntos son capaces de crear un modelo de predicción capaz de medir el impacto de diferentes variables en el rendimiento de una empresa. Si bien Weather Signals tiene aplicaciones en una amplia gama de industrias, es especialmente relevante para aquellas sensibles a los cambios en las condiciones climáticas como puede ser la agroindustria.

Ambas herramientas han demostrado ser valiosas para la industria agrícola al proporcionar a los agricultores acceso a información en tiempo real y análisis predictivos basados en datos. Al integrar la Inteligencia Artificial en la toma de decisiones agrícolas, se espera que continúen desempeñando un papel fundamental en la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en la agricultura moderna.

3.6. CASO WINEGRID

Para este siguiente caso la compañía a estudiar vuelve a estar enmarcada en la industria vitivinícola. Se trata de la empresa portuguesa WineGrid fundada en 2014 y adquirida en 2023 por parte de Enartis, empresa italiana que trabaja en el mundo de los alcoholes perteneciente al grupo Esseco (Tecnovino, 2023).

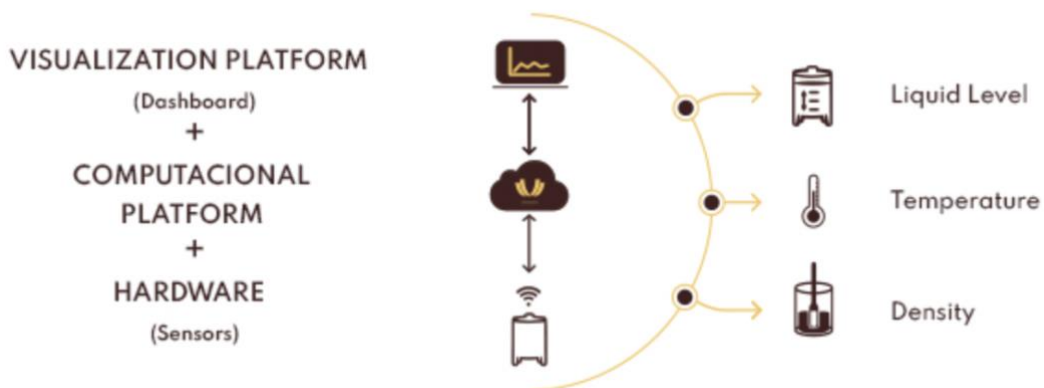
WineGrid es una plataforma que trabaja sobre la gestión de viñedos y bodegas haciendo uso de tecnologías avanzadas (Inteligencia Artificial, Internet of Things). La empresa ofrece soluciones tecnológicas para el seguimiento y gestión de la producción del vino. Concretamente utiliza sensores para de manera remota y en tiempo real detectar fallas en el proceso de fermentación del vino (Loeb, 2023). Su objetivo es mejorar la eficiencia y la calidad en la producción de vino a través de la recopilación y el análisis de datos en tiempo real.

Los beneficios potenciales de utilizar el sistema de WineGrid en una bodega durante la elaboración del vino son varios (WineGrid, 2023):

- La tecnología que utilizan los sensores (Oenosensing) garantiza un alto nivel de precisión y exactitud en el análisis.
- También permite reducir desperdicios en la bodega, el sistema de monitoreo de la fermentación se elimina la necesidad de utilizar muestras.
- Mejora en la rentabilidad de la bodega, al garantizar la reducción de costes en revisiones y monitoreo y gastos recurrentes.
- Ahorro de tiempo, eliminando la necesidad de realizar los muestreos habituales del proceso de fermentación se ahorra el tiempo invertido en dichos chequeos.

Como se puede ver en la Ilustración 7, el sistema WineGrid trabaja de tal manera que un sensor colocado en los tanques y depósitos de fermentaciones (también existe la posibilidad de utilizar el sistema en barriles) interactúa con información en la nube para definir estrategias que muestra en una plataforma de visualización (móvil, tablet...) sobre variables como la temperatura, el nivel de líquido y la densidad.

Ilustración 7. Esquema de funcionamiento de WineGrid

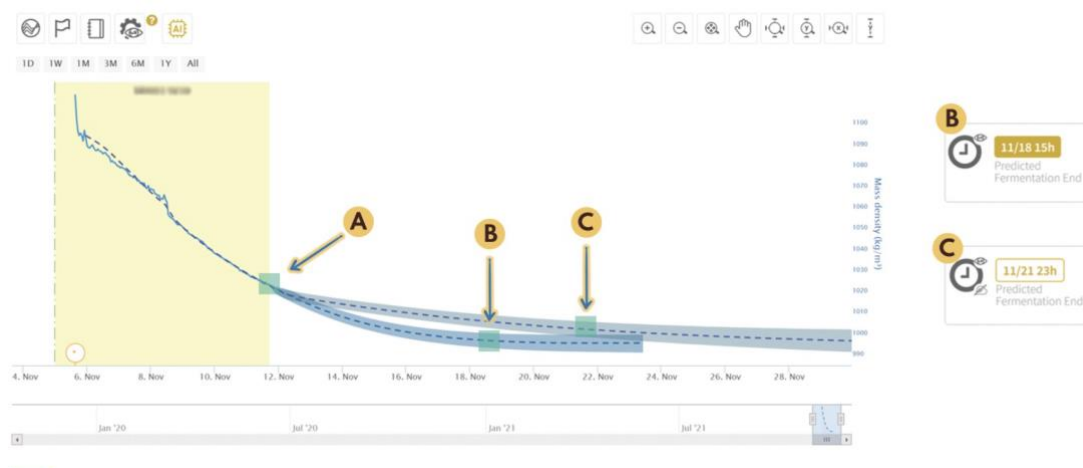


Fuente: WineGrid

Un ejemplo de cómo funciona este sistema de detección de fallas en el proceso de fermentación se puede observar también en la gráfica 2. El sistema estima qué sucederá día a día en una fermentación en curso.

En el punto A se simula un cambio de temperatura de los días venideros, el punto B indica el momento estimado originalmente como momento de finalización de la fermentación y el punto C indica el nuevo final de la fermentación con los cambios que ha incorporado la simulación.

Gráfica 2. Ejemplo de simulación de fermentación con WineGrid



Fuente: WineGrid

Otro ejemplo de utilización del sistema WineGrid es durante el proceso de crianza del vino. En este proceso es importante que el vino no se oxigene y mantenga sus niveles de SO_2 . Con el fin de que la crianza funcione de manera correcta, la compañía ha elaborado un tapón para los barriles que igual que en el esquema de la ilustración 7, mediante el uso de sensores detecta variabilidades y lo notifica a la aplicación para que el usuario pueda tomar las medidas pertinentes.

Al igual que puede ayudar a gestionar de manera óptima el proceso de fermentación y de la crianza, la empresa utiliza el mismo sistema para la segunda fermentación (maloláctica), el almacenamiento y las condiciones ambientales de la bodega. Actualmente, está en desarrollo la posibilidad de aplicar el sistema al proceso de prensado de la uva.

Como se ha podido ver, la empresa WineGrid ofrece soluciones para múltiples partes del proceso de elaboración del vino. En todas ellas está presente la Inteligencia Artificial, los sensores que se utilizan para detectar defectos en cualquier parte del proceso (fermentación, crianza...) están interconectados con la nube. Y además, estos sensores pueden enviar a la aplicación una alarma en caso de ser necesario tomar algún tipo de medida para evitar resultados no deseados en el proceso.

De esta manera la innovación que supone las aplicaciones del sistema WineGrid resultan de gran interés por su marcado carácter tecnológico y la posibilidad de extrapolar estas implementaciones en una bodega de vino.

3.7. CASO DEEP PLANET

El siguiente caso se vuelve a enmarcar dentro de la industria vitivinícola, se trata de la plataforma de Inteligencia Artificial / Machine Learning Deep Planet que aprovecha imágenes satelitales y sensores que utilizan el Internet of Things (IoT) para proporcionar diferentes perspectivas sobre el cultivo de uvas para la elaboración de vino (Loeb, 2023).

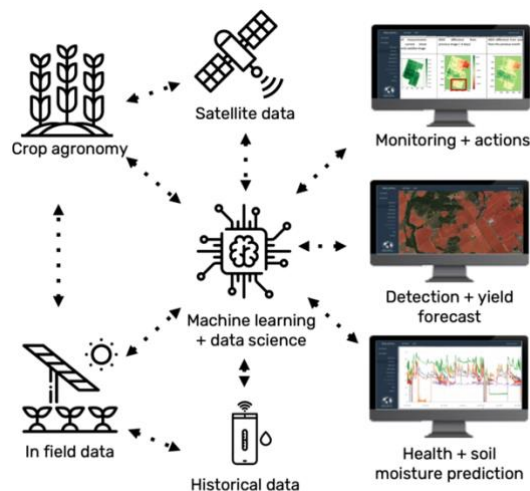
Deep Planet se fundó en 2018 con el desarrollo de una plataforma impulsada por Inteligencia Artificial llamada VineSignal que trabaja sobre la agricultura de precisión utilizando tecnologías avanzadas para conseguir sus objetivos.

La plataforma utiliza imágenes satelitales para realizar un pronóstico de rendimiento de los viñedos. Algunas de los resultados que puede obtener el sistema VineSignal con más de un 95% de precisión son los siguientes (Deep Planet, 2018):

- Humedad del suelo, capaz de mapear la humedad del suelo con hasta 1,5 metros de profundidad y con una anticipación de dos semanas.
- Irrigación dinámica, pronóstico cambiante de irrigación variando en tiempo y volumen.
- Salud de la vid, seguimiento periódico (diario, semanal o mensual) del cambio en los viñedos.
- Humedad de las hojas de vid, de igual manera seguimiento periódico y predicción de hasta dos semanas.
- Resumen de la temporada, resumen visual histórico desde la siembra hasta la cosecha.

En la ilustración 8, se puede ver un esquema de funcionamiento del sistema VineSignal desarrollado por la empresa Deep Planet:

Ilustración 8. Esquema de funcionamiento de VineSignal.



Fuente: agtechfinder

Como se puede ver en la ilustración, el sistema de Machine Learning compara imágenes tomadas por satélite de los cultivos con datos históricos para realizar predicciones y análisis con el sistema con el fin de llegar a conclusiones para posibles medidas que llevar a cabo.

3.8. CONCLUSIONES GENERALES DE LOS CASOS

Del estudio de estos casos pueden sacarse múltiples conclusiones relevantes para el desarrollo del presente proyecto. Es interesante analizar qué puntos de encuentro podemos observar del estudio de siete empresas diferentes punteras en el desarrollo de aplicaciones de tecnologías avanzadas en el sector de la agroindustria.

Analizando los siete casos estudiados se pueden indicar varias aplicaciones que han sido implementadas con éxito por las compañías y diferentes conclusiones que puedan servir como base para plantear el proyecto. A continuación, se detallan varias de ellas:

- En primer lugar, se puede observar en varios ejemplos (John Deere, Farmers Edge y Deep Planet) la utilización del término conocido como agricultura de precisión y como su uso permite una toma de decisiones más informada y por tanto, mejor.

La agricultura de precisión representa un avance revolucionario en el ámbito agrícola al incorporar tecnologías avanzadas como sensores, imágenes satelitales y algoritmos de Inteligencia Artificial. Este enfoque permite recopilar y analizar datos agronómicos en tiempo real con el objetivo de optimizar el rendimiento de los cultivos. Estas empresas al aplicar la agricultura de precisión consiguen mejorar la toma de decisiones y transformar la gestión de cultivos.

Esta implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial que analicen los datos obtenidos de sensores o de imágenes satelitales, proporciona información muy precisa y valiosa a los agricultores acerca del estado de sus cultivos (humedad del suelo, condiciones climáticas...). Con esta información los agricultores pueden tomar decisiones con más información en su poder.

En última instancia, la agricultura de precisión no solo se trata de adoptar tecnologías de vanguardia, sino de transformar la agricultura en un proceso más inteligente y eficiente. Al integrar la Inteligencia Artificial en la gestión de los cultivos, se logra una toma de decisiones más informada y, en consecuencia, se promueve la sostenibilidad al optimizar el uso de recursos y minimizar los desperdicios. Este enfoque se alinea con la necesidad global de producir de manera más eficiente y sostenible para hacer frente a los desafíos futuros del medio ambiente.

- Otra conclusión que se puede extraer es que la utilización de estas tecnologías permite a los agricultores reducir el consumo de diferentes recursos (agua, fertilizantes...) Con la precisa información que se obtiene de los sensores o imágenes con visión artificial y su posterior análisis con estas tecnologías, el agricultor es capaz de determinar con precisión la cantidad óptima de recursos que va a necesitar utilizar, suponiendo por tanto un importante ahorro.

Tanto en el caso de John Deere, como en el de Farmers Edge como en WineGrid se puede observar cómo la utilización de estas tecnologías tiene un enfoque que busca esta reducción de consumos. Esta minimización de desperdicios nuevamente provoca no solo un ahorro en lo económico, sino también un avance para la sostenibilidad.

- La utilización de algoritmos sobre esta información obtenida también es útil a la hora de detectar a tiempo enfermedades y plagas en los cultivos. Analizando los datos de salud de los cultivos obtenidos se pueden prever posibles complicaciones y de esta manera actuar en consecuencia elaborando respuestas proactivas. Este enfoque proactivo no solo reduce la necesidad de pesticidas, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles.

John Deere, Bodega Matarromera, Farmers Edge y Deep Planet implementan soluciones que permiten la detección temprana de enfermedades y plagas, reduciendo la necesidad de pesticidas.

- En los casos de Cargill, la Bodega Matarromera y WineGrid se hace hincapié también de la importancia de la trazabilidad del producto para asegurar la calidad de este y su origen. Estas empresas hacen uso de estas tecnologías para asegurar esta trazabilidad.

Con esta trazabilidad desde el origen hasta el final de la cadena de suministro no solo se consigue asegurar unos estándares de calidad, sino que también se aumenta la transparencia de la empresa.

- Por último, concretamente en los dos casos que se desarrollan en el sector vitivinícola, destacar como la utilización de estas tecnologías permite mejorar diferentes procesos en una bodega de vino (fermentación, crianza...).

Estas aplicaciones demuestran cómo la implementación de tecnologías como la Inteligencia Artificial y el Big Data en la agroindustria no solo mejora la eficiencia operativa y reduce costos, sino que también contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles y a una producción de mayor calidad.

Por tanto, se puede concluir que la combinación de estos avances tecnológicos ofrece soluciones que abordan desafíos del sector agroindustrial permitiendo un avance importante gracias a la innovación. Todo esto mientras se mejora el aspecto sostenible de este sector.

4. ESTUDIO DE UNA BODEGA DE VINO Y POSIBLES ÁREAS DE INTERÉS

4.1. BREVE INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

Actualmente el vino se sitúa como una de las bebidas alcohólicas más consumidas del mundo. En 2022 se consumieron 230 millones de hectolitros de vino en el mundo (Orús, 2022). Es por tanto una industria con una importancia elevada a nivel global.

Además, el consumo se ha visto beneficiado de la creciente popularidad de su uso en la cocina y los probados beneficios cardiovasculares de su consumo moderado. No obstante, esta bebida ha sido una parte integral de la sociedad desde épocas ancestrales. La prueba más temprana de su producción, unos fragmentos de cerámica excavados en dos asentamientos neolíticos (Gadachrili Gora y Shulaveris Gora, ambos a 50 km al sur de Tiflis, capital de Georgia), data del año 6.000 a.C según los análisis de la Universidad de Pensilvania (National Geographic, 2017).

Aunque su presencia ha perdurado a lo largo de los siglos, las técnicas para su elaboración han experimentado una continua evolución, mejorando la calidad del vino y diversificando las opciones accesibles para todos los presupuestos. Estos constantes cambios la han situado en lo que hoy es una de las industrias más potentes en el marco de las bebidas alcohólicas a nivel mundial.

La industria vitivinícola en España es una de las más importantes y reconocidas a nivel mundial. Según informes (OIV, 2021) España cuenta con una participación del 13,6% en la producción mundial de vino, solo por debajo de Italia. De hecho, estos dos países, junto con Francia y Estados Unidos, se encargan de producir la mitad del vino del mundo. Si se continua la lista, el dato sigue siendo impresionante ya que solo diez países producen el 80% del vino del mundo (a los cuatro ya mencionados se suman: Argentina, China, Australia, Chile, Sudáfrica y Alemania).

4.1.1. LA INDUSTRIA DEL VINO EN ESPAÑA: IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL

No solo España es uno de los principales productores del mundo (FEV, 2021), sino que también es el país que más vino exporta del mundo (2.298,5 millones de litros) y el país con más superficie de viñedos del mundo (962.531 hectáreas, un 2% de la superficie nacional se dedica al cultivo de uva).

Por todas las razones expuestas, la industria vitivinícola tiene una importancia muy alta en España: en términos económicos, la viticultura, la elaboración del vino y su comercialización, generan un valor añadido bruto superior a los 23.700 millones de euros (un 2,2% del PIB); en términos de empleo se calcula que el sector aporta más de 427.700 puestos de trabajo, lo que supone un 2,4% del empleo en España; en cuanto al turismo, el enoturismo es una parte importante y creciente en la industria turística en España. Según informes (ANEVIN, 2015), 2,4 millones de personas acudieron a España y realizaron alguna actividad relacionada con el vino (aproximadamente un 3,4% de los turistas que recibe España anualmente).

4.2. DEFINICIÓN DE LA BODEGA DE VINO Y SUS COMPONENTES

Cada bodega de vino es un mundo y existen numerosas diferencias entre cada una de ellas, ya sea por diferencias en el volumen de producción, diferentes preferencias en el tratado de la uva, diferentes condiciones climatológicas... En este apartado se definirá la bodega de estudio a la que está dirigida este proyecto.

A continuación, se procederá a definir las principales características de la bodega tipo a la que va dirigida este proyecto.

- En primer lugar, se atenderá al tamaño de la bodega. Este proyecto está pensado para bodegas de un tamaño considerable. Con el fin de resultar de interés para el estudio se pretende que la bodega tenga el volumen de ventas producción para que le resulte rentable invertir en tecnologías avanzadas como la Inteligencia Artificial o el Big Data.

Para clasificar las bodegas, se utilizarán los criterios de la tabla 1, definidos por Julio Fernández Portela (2015).

Tabla 1. Criterios para clasificar bodegas según su tamaño

	Bodegas Grandes	Bodegas Medianas	Bodegas pequeñas
Producción media	Más de 750.000 l	De 300.000 a 750.000 l	Hasta 300.000 l
Superficie media comprendida (has)	180-220	50 - 80	15 - 35
Comercialización	70-80% nacional 20-30% exportación	70-80% nacional 20-30% exportación	80-90% nacional 10-20% exportación
Tipo de sociedad	Sociedad Limitada 37% Cooperativa 32%. Sociedad Anónima 31%	Sociedad limitada 70%. Sociedad Anónima 18%. Cooperativa 12%.	Sociedad Limitada 87%. Sociedad Anónima 10%. Cooperativa 3%.
Número medio de trabajadores	Más de 15	Entre 10 - 15	Entre 3 - 7

Fuente: “Bodegas tradicionales y nuevos espacios vitivinícolas industriales en Castilla y León (España)”

- Además, el presente proyecto está dirigido para bodegas que tienen viñedos propios.

De esta manera la bodega tiene un control directo sobre las acciones que se toman en sus cultivos y la calidad de la uva; además, se facilita el proceso de recopilación de datos.

- La bodega trabajará entonces desde el cultivo de los viñedos hasta el etiquetado de las botellas, pasando por la fermentación, la crianza y su embotellado.

En este punto se puede distinguir si la bodega es multimarca o trabaja solo con una marca propia. Para que el estudio del proyecto resulte de máximo interés se enfocará en aquellas que sean multimarca. No existe demasiada diferencia entre ambos conceptos, pero el hecho de ser multimarca resulta más interesante en puntos como la trazabilidad.

Definida ya la bodega objeto del presente proyecto, el siguiente paso va a ser identificar en que áreas de la bodega de vino puede resultar beneficioso implementar usos de la Inteligencia Artificial y Big Data. Para ello, se partirá de una definición paso por paso del proceso estándar de la elaboración de vino para identificar las diferentes zonas que tiene una bodega de vino. Una vez definidos todas las zonas, se tratará de identificar en cuales de ellas se pueden implementar aplicaciones estudiadas en el apartado anterior.

4.2.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL VINO

El proceso de elaboración del vino, si bien varía dependiendo del tipo de vino que se busca (un vino joven, crianza...), de la uva utilizada, etc. tiene unos pasos comunes para la mayoría de estos procesos. A continuación, se describe brevemente el proceso de elaboración del vino de la manera más general posible (TurismoDeVino, 2021).

- En primer lugar, se parte del cultivo de las uvas en los viñedos. Es importante tener en consideración la geografía en la que se encuentra la bodega. Cada tipo de uva tiene sus condiciones óptimas y se ve afectada por el clima.
- A continuación, tiene lugar la vendimia. En España, la vendimia se lleva a cabo normalmente en los meses de septiembre y octubre, que es cuando la uva está madura.
- Después de la vendimia, tienen lugar los procesos de despalillado y estrujado. Las uvas se despalillan para quitar los racimos y posteriormente son estrujadas con el objetivo de eliminar el jugo (en los vinos blancos este paso tiene lugar justo tras cosechar las uvas).

En algunos casos también se puede optar por una maceración prefermentativa con el objetivo de extraer más color y aroma.

- Una vez finalizados los anteriores pasos, es el momento de la fermentación alcohólica. En ella, el mosto que se obtiene en el estrujado es sometido a fermentación en tanques de acero inoxidable o barricas de roble. En estas fermentaciones, se utilizan levaduras naturales para convertir los azúcares en alcohol.

Los restos de la fermentación se venden a alcoholeras para la realización de otros licores (orujos, aguardientes...).

- Una vez realizada la fermentación, tiene lugar el proceso de prensado, en el cual se prensan los restos sólidos de las uvas para extraer el vino restante.
- Después del prensado, tiene lugar una nueva fermentación: la maloláctica. Este tipo de fermentación generalmente se realiza en los vinos tintos, en ella se transforma

el ácido málico en ácido láctico con el objetivo de rebajar la acidez del vino. Al igual que la fermentación alcohólica, se lleva a cabo en tinas de roble o depósitos de acero inoxidable.

- En este punto de la elaboración del vino, se abren diferentes caminos según el tipo de vino que se desee obtener. De la decisión de si se busca un vino joven o un crianza, dependerán los meses que se deposite el vino en las barricas de roble.
- El siguiente paso es el trasiego, que consiste en cambiar los vinos de depósito para eliminar ciertas impurezas naturales que aparecen tras estar tiempo el vino en el depósito.
- La siguiente etapa en el proceso de elaboración del vino es la de clarificación y filtración, donde el vino se clarifica y filtra con el objetivo de evitar impurezas y sedimentos antes de embotellarse.

Durante la estancia del vino en barrica, se produce una primera clarificación natural, en ella los residuos van depositándose en el fondo. Para clarificar aún más el vino se añaden al vino unos líquidos clarificantes (albúmina de huevo, bentonita, gelatina...).

- Por último, se procede a embotellar el vino. Tras este embotellado algunos vinos pueden envejecer en botella durante un tiempo adicional con el fin de mejorar su carácter y suavizar su sabor.

Tras el embotellado, tiene lugar el etiquetado de las botellas.

Ilustración 9. Esquema de elaboración del vino tinto.



Fuente: inVIA

4.2.2. ÁREAS Y ELEMENTOS DE INTERÉS EN UNA BODEGA

Se estudiarán las partes diferenciadas de la bodega de vino de manera análoga al proceso de elaboración del vino.

- En primer lugar, la cosecha y la vendimia, las cuales se realizan en los viñedos, campos de cultivo de las uvas.

Resulta interesante destacar que, dependiendo de la bodega, la vendimia puede ser manual o mecanizada, lo que da pie a posibles implementaciones diferentes.

En los procesos de despalillado y estrujado, con las uvas recogidas, entran en juego las siguientes máquinas en la línea de producción: despalilladora y estrujadora.

Esta es una primera zona de interés de la bodega: los campos de cultivo, los viñedos. En el momento de recepción de la uva, el punto de conexión entre los viñedos y la bodega como edificio es una línea de producción en la cual se discriminan las uvas según su calidad y se colocan en serie las máquinas despalilladora y estrujadora.

- Para la fermentación alcohólica, lo más común es una sala en la bodega con tanques de acero inoxidable (dependen de los diferentes destinos de los vinos que contienen, estos tanques varían su volumen desde los 1.000 litros hasta incluso los 100.000 litros).

En el proceso de prensado, con una prensa, se separa el vino de trazas (las cuales se envían a alcoholeras para utilizarse en otras bebidas y licores) y se vuelve a los depósitos para la fermentación maloláctica.

Esta es la segunda zona de interés de una bodega: una sala con los diferentes depósitos de acero inoxidable, los cuales deben tener cierta regulación de humedad, temperatura, etc.

- En este momento, depende mucho del destino de cada vino, según el objetivo que se desee para cada uno de ellos, los meses que se dejen en barricas de roble (normalmente francés o americano) variarán, normalmente desde 4 meses a 18 meses. En este punto del proceso, hay una alta variabilidad debida a los diferentes tiempos de cada vino.

Esta es una tercera zona de interés en la bodega: otra sala que contiene, en vez de depósitos de acero inoxidable, numerosos barriles de roble. En este punto, es importante tener una ordenada logística en la bodega para poder tener una trazabilidad fiable.

- Por último, como última área del proceso después de los viñedos, los depósitos y la zona de barricas, llega el tramo final de la cadena de producción donde varias máquinas intervienen en el proceso de embotellado y etiquetado del vino. El último tramo de la cadena de suministro que es propia de la bodega sería cuando se empaquetan estas botellas en cajas y palés, y están listas para la venta.

En este punto también es de extremo interés para posibles aplicaciones de la Inteligencia Artificial y el Big Data, ya que da pie a que se generen desajustes entre el volumen de producción real y el registrado en las diferentes aplicaciones.

Además, es el punto de conexión inmediato con el almacén y la cadena de transporte. Este almacén es de alto interés logístico porque es el punto de inicio de la cadena de suministro y debe estar acompasado con los pedidos y el transporte que llega a espacios temporales a la bodega.

4.3. ÁREAS SUSCEPTIBLES DE SER MEJORADAS EN UNA BODEGA DE VINO

Habiendo visto ya todos los áreas de la bodega de vino tipo que se está analizando en el presente proyecto, el siguiente paso es realizar un análisis de dichos áreas para ver que aplicaciones estudiadas en los casos anteriores podrían ser implementadas y resultar beneficiosas para la bodega.

4.3.1. VIÑEDOS

El primer área de sumo interés para posibles aplicaciones de Inteligencia Artificial y Big Data es el área de la bodega que es puramente agraria. Durante el análisis de la cuestión, se ha podido observar cómo existen numerosos ejemplos en la agroindustria de implementaciones exitosas en campos de cultivos.

Un viñedo es un terreno específicamente dedicado al cultivo de la vid, la planta de la cual se obtienen las uvas. Estos terrenos están diseñados para el cultivo de variedades de uvas específicas que se utilizan principalmente en la producción de vino. De esta manera, los viñedos de una bodega de vino son perfectamente asimilables a los casos estudiados sobre campos de cultivos.

4.3.2. PROCESO PRODUCTIVO Y CADENA DE SUMINISTRO

A continuación, resultan susceptibles de ser optimizadas varias etapas del proceso de la elaboración del vino. Por ejemplo, durante la fermentación, puede ser interesante implementar tecnologías que ayuden a mantener las condiciones de temperatura en el valor requerido; o durante la crianza, evitar que el vino se oxigene demasiado.

Además, en un carácter más logístico, resultaría interesante que durante todo el proceso de la elaboración del vino se trabaje con tecnologías que permitan asegurar la trazabilidad del vino. En muchas bodegas se realizan mezclas de depósitos y trasvases eventuales con el fin de asegurar que todos los vinos tienen una calidad similar. Además, en una bodega multimarca, es de extremo interés tener una trazabilidad muy exacta de todo el vino que se produce en la bodega.

Por último, el proceso de embotellado y etiquetado presente al final de la cadena de producción vitivinícola, presenta también la posibilidad de ser mejorado.

5. POSIBLES IMPLEMENTACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL BIG DATA EN UNA BODEGA DE VINO

En este apartado, comentados ya casos de éxito en el sector y las diferentes zonas que existen en una bodega, se pasará a realizar un análisis de propuestas, obstáculos y riesgos. En primer lugar, se enumerarán una serie de propuestas de implementaciones que puedan resultar de interés para una bodega de vino, basadas en el análisis de la bodega de vino estudio y observando que áreas pueden verse beneficiadas de una implementación. A su vez, estas implementaciones propuestas estarán contrastadas con el éxito de empresas del sector que se han visto impulsadas por su utilización.

Una vez propuestas las implementaciones para la bodega, se pasará a realizar un análisis de los posibles desafíos que pueden surgir a la hora de implementar aplicaciones de la Inteligencia Artificial y el Big Data en una bodega del sector vitivinícola. Además de presentar estas posibles complicaciones, se tratará de proponer maneras de mitigarlas en la medida de lo posible.

Por último, en este apartado se definirán posibles riesgos futuros del uso de estas tecnologías en este sector. Cuando se trata de implementaciones de la Inteligencia Artificial, hay que hacer hincapié en este apartado debido al carácter tan innovador y moderno de este tipo de tecnologías. Conviene realizar un apartado de riesgos a modo de precaución y aviso de posibles efectos negativos.

5.1. POSIBLES IMPLEMENTACIONES

Tras analizar varios ejemplos de casos exitosos de implementaciones de Inteligencia Artificial y el Big Data en empresas del sector agroindustrial (algunas incluso enmarcadas en la industria vitivinícola) y haber analizado a fondo la bodega de vino a la que este proyecto se dirige, identificando en que áreas sería interesante implementar aplicaciones de esta tecnología, se procede a realizar varias propuestas de posibles implementaciones:

- Una primera propuesta de implementación se desarrolla en el marco agrario, por lo que se trataría de una implementación para que la bodega la tenga en cuenta en sus cultivos, es decir, los viñedos.

Se trata de una implementación que aparece en varios de los casos de estudio que se han llevado a cabo en el trabajo de investigación. La utilización de técnicas de Inteligencia Artificial como la visión artificial (con sensores, imágenes satelitales, drones, cámaras con un sistema de Inteligencia Artificial incorporado...) y algoritmos predictivos, así como Big Data para recopilar y procesar todos los datos captados por los sensores, cámaras, etc.

La utilización de estas aplicaciones podría tener numerosos beneficios probados para los viñedos de una bodega, por ejemplo:

- El análisis de los datos tomados de los cultivos con Inteligencia Artificial permitirá a la bodega determinar con exactitud la cantidad de recursos que la vid necesita (agua, pesticidas, fertilizantes...)

Esta optimización del consumo de recursos repercutirá tanto de manera positiva para la economía de la bodega como en evidentes ahorros de recursos de manera que se proceda a una explotación sostenible con el medio ambiente de los viñedos.

En definitiva, automatizar el fertirriego (riego de agua y de fertilizante) acorde a los datos recibidos, que elimina la necesidad de intervención humana en este proceso.

- Las técnicas predictivas de la Inteligencia Artificial, trabajando sobre los datos tomados en los viñedos, pueden ayudar a la bodega a prever posibles plagas o enfermedades en las uvas.

Esta predicción le permite a la bodega implementar soluciones a tiempo o rectificar ciertos comportamientos dañinos, evitando así que el efecto dañino se propague por todo el viñedo. Además, se reduce la dependencia de productos químicos por parte de la bodega. Al poder prever ciertas enfermedades, no se utiliza tanto pesticida, lo que promueve prácticas agrícolas más sostenibles.

- Otro beneficio interesante de estas técnicas predictivas sería con relación al clima. Aplicando estas técnicas sobre datos meteorológicos y utilizando bases de datos históricas con sistemas de Big Data, desde la bodega pueden identificar con mayor precisión el momento idóneo para comenzar la vendimia. Si la cosecha de uvas se demora, es posible que las uvas acumulen un exceso de contenido de azúcar, el cual se convierte en alcohol durante el proceso de fermentación. Aunque es beneficioso esperar al momento óptimo para la concentración de azúcar, existe el riesgo asociado de posibles heladas en el viñedo, lo que podría resultar en la pérdida total de la cosecha.

Estas técnicas de agricultura de precisión facilitarán muchas labores agrarias para la gestión del viñedo de la bodega. Se puede esperar un evidente mejora de la eficiencia operativa, aumento de la calidad del producto y, además, beneficios tanto económicos como sostenibles

- En cuanto se llega al momento del final de la vendimia, la visión artificial tiene una aplicación en la bodega de mucho interés también.

Esta técnica de la Inteligencia Artificial puede ser utilizada para el análisis de las uvas recogidas y, mediante técnicas de visión artificial, discriminar las uvas que darán buen vino de las uvas defectuosas.

- Una vez comenzado el proceso de elaboración del vino, también es de interés para la bodega implementar diversos sistemas que funcionen con Inteligencia Artificial.

Un ejemplo de esto sería, por ejemplo, en el proceso de fermentación del vino, implementando sensores capaces de interactuar con la nube. Estos sensores

pueden detectar si la temperatura, la humedad o el nivel del depósito de acero inoxidable está variando y actuar en consecuencia.

O por ejemplo en el proceso de crianza, sensores que de similar manera detecten si el vino de las barricas de roble está sufriendo algún tipo de oxigenación.

Hoy en día existen sistemas capaces de implementar esos sensores interconectados con una plataforma que permite gestionar prácticamente todos los áreas de una instalación industrial desde la pantalla. Notifican los cambios importantes e incluso son capaces de proponer posibles soluciones a los problemas que estén sucediendo.

- Llegados a este punto, la visión artificial también tiene aplicaciones muy interesantes en el proceso final de embotellado y etiquetado.

Un sistema de Inteligencia Artificial es capaz, por ejemplo, de identificar botellas con defectos o etiquetados no exitosos, separando estos casos problemáticos del resto de la cadena productiva.

Además, al tratarse de una bodega multimarca también se puede hacer uso del etiquetado inteligente. Se elimina así la necesidad de intervención humana para ir cambiando las etiquetas según lotes; con la trazabilidad de la botella, el sistema identifica la marca y la etiqueta de manera automática.

- Durante todos estos procesos, se propone desde este proyecto el utilizar una herramienta que tenga interconectados todos los diferentes puntos propuestos, desde los datos de los cultivos hasta los de almacén, con tecnologías de Big Data.

Esto permite a la bodega mantener unos niveles de calidad muy altos y además una trazabilidad muy elaborada. La cual, sin ayuda de la Inteligencia Artificial, es muy difícil de conseguir en una bodega de vino. Desde que la uva es recogida hasta que forma parte de una botella de vino, ha pasado por numerosos procesos, se ha mezclado con uvas y vinos de diferentes orígenes y ha pasado por diferentes depósitos y barricas. La Inteligencia Artificial es capaz de elaborar esquemas con el máximo detalle de esta trazabilidad, permitiendo saber todas las características del vino final. Este sistema es capaz incluso de identificar si por ejemplo un lote de un depósito ha salido defectuoso, y mediante dicha trazabilidad, identificar todos los vinos afectados.

- Por último, volviendo a las técnicas predictivas, esta aplicación de la Inteligencia Artificial también tiene un posible uso comercial muy potente: la predicción de la demanda.

Para una bodega que realiza ventas de sus botellas desde diferentes marcas, es muy interesante esta aplicación. Mediante datos históricos, datos de la cosecha actual y tendencias de mercado, hace uso de la Inteligencia Artificial para realizar una predicción de la demanda.

Esto además permite optimizar la gestión de inventario que en una bodega multimarca es un tema que genera en ocasiones varios desajustes y complica la logística de almacenaje.

5.2. EVALUACIÓN DE DESAFÍOS Y OBSTÁCULOS

Durante la realización del trabajo se han comentado los múltiples posibles beneficios y ventajas que puede tener la implementación de tecnologías como el Big Data y la Inteligencia Artificial en la agroindustria y, más concretamente, en una bodega de vino. A pesar de la existencia de estas múltiples ventajas, conviene realizar un análisis de desafíos, obstáculos y posibles complicaciones que puedan surgir de esta implementación.

Además de analizar estos posibles inconvenientes, se tratará de elaborar para cada uno de ellos posibles maneras de evitarlos en la medida de lo posible o, en su defecto, formas de reducir los efectos negativos de estos obstáculos.

En primer lugar, algo que se ha presentado en alguno de los casos expuestos son los problemas de conectividad. La mayoría de estas instalaciones industriales suelen encontrarse en zonas rurales alejadas de la ciudad. Esto conlleva una disminución de la calidad de la conexión a internet. Aunque es algo que está cambiando, es un problema evidente en la actualidad ya que este tipo de tecnologías necesita una conexión de última generación (tipo 5G) para poder funcionar al máximo de sus capacidades. Sería interesante, entonces, explorar opciones como tecnologías satelitales o redes privadas para garantizar una conectividad confiable en entornos rurales.

Relacionado con este primer desafío, aparece la preocupación por la fiabilidad de los datos. De malas conectividades pueden surgir desconexiones repentinas o alteraciones que alteren los datos que toman los sensores. Esto puede alterar la fiabilidad de los datos y la precisión de los algoritmos de Inteligencia Artificial, que depende de datos precisos. Garantizar la calidad y la disponibilidad de datos confiables es un desafío, especialmente cuando se trata de recopilar información sobre variables como el clima, el suelo y las prácticas de cultivo.

Otro desafío que puede surgir son las posibilidades financieras. La adopción de tecnologías avanzadas implica una inversión significativa. Para bodegas con recursos limitados, este desafío puede ser un obstáculo considerable. Antes de llevar a cabo una inversión de esta magnitud, convendría realizar un análisis detallado del retorno de lo invertido (ROI) para sopesar los beneficios financieros a largo plazo. Otra manera también de sobreponerse a este obstáculo sería la de buscar opciones de financiamiento o subvenciones disponibles para proyectos de transformación digital.

Un desafío bastante característico de un sector como el vitivinícola, por su marcado carácter tradicional, es el de la integración de estos nuevos sistemas con los métodos tradicionales de la bodega. Muchas bodegas ya utilizan sistemas de gestión específicos. Integrar nuevas soluciones de Inteligencia Artificial y Big Data puede ser complicado si no son compatibles con las plataformas ya existentes. Es vital garantizar una transición suave y sin interrupciones. Podría ser explorable para mitigar este desafío contratar servicios externos de consultoría que evalúen la capacidad de la bodega de llevar a cabo el proceso de transformación digital que se pretende llevar a cabo.

Además, mantenerse al día en las constantes actualizaciones que necesitan este tipo de sistemas supone un reto, tanto logístico como financiero, para cualquier bodega de vino que plantee este tipo de implementaciones.

El personal de la bodega puede mostrarse resistente a aplicar estos nuevos métodos en un primer momento, sobre todo en un sector tradicional como el vitivinícola, es por esto por lo que la capacitación del personal puede ser un nuevo desafío al que plantar cara. Para sobrevenir este posible contratiempo, conviene, por ejemplo, establecer programas de formación continua para el personal, con enfoque en las habilidades necesarias para utilizar eficazmente las nuevas tecnologías. Incluir demostraciones prácticas y recursos educativos.

Relacionado con este último punto, existe un claro obstáculo que es el del cambio cultural. Implementar tecnologías de un carácter tan moderno en un sector en el que muchas veces se premia la tradición y lo artesanal es, sin duda, algo arriesgado. Una incorrecta implementación de estos métodos o un cambio muy brusco de cultura o carácter de la bodega puede afectar de manera notable a la percepción de la bodega por parte del público. Es importante, nuevamente, realizar una transición equilibrada y tratar de respetar en la medida de lo posible ciertas tradiciones de este sector.

Por último, un desafío importante que surge a partir de implementar tecnologías relacionadas con Inteligencia Artificial y el Big Data es el de cumplir con las regulaciones existentes para este tipo de prácticas. Además, la industria vitivinícola está sujeta a regulaciones estrictas. Conviene asegurarse de que las prácticas de Inteligencia Artificial y Big Data cumplan con estas normativas; esto es esencial para evitar sanciones y mantener la reputación de la bodega.

5.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS

Una vez analizados los desafíos y obstáculos de la implementación de estas tecnologías y tratado de mitigarlos conviene también realizar un breve informe de los riesgos que pueden existir al implementar estas aplicaciones.

El uso de la Inteligencia Artificial en la agricultura conlleva riesgos sustanciales y poco comprendidos para las explotaciones agrícolas, los agricultores y la seguridad. Un análisis publicado en la revista *Nature Machine Intelligence* (Claver, 2022) destaca la falta de comprensión de los riesgos asociados con la rápida implementación de la Inteligencia Artificial en la agricultura. En este artículo se identifican los siguientes riesgos:

- Se plantea la posibilidad de que ciberataques causen interrupciones en explotaciones agrícolas mediante la manipulación de conjuntos de datos o la desactivación de dispositivos. Se sugiere también, para confrontar este riesgo, la participación de "hackers éticos" durante la fase de desarrollo para identificar posibles fallos de seguridad y proteger los sistemas contra ataques reales.
- También existe la posibilidad de que la Inteligencia Artificial provoque fracasos accidentales. Existe la preocupación de que un sistema programado solo para maximizar el rendimiento de cultivos a corto plazo podría ignorar las consecuencias ambientales a largo plazo. De la misma manera que con el riesgo

anterior se propone la inclusión de ecologistas con conocimientos en Inteligencia Artificial en el proceso de diseño tecnológico para evitar estos escenarios.

- La exclusión de los pequeños agricultores y creación de ciertas desigualdades económicas. Los agricultores a pequeña escala, que cultivan la mayoría de las tierras en todo el mundo, podrían quedar excluidos de los beneficios relacionados con la Inteligencia Artificial. Problemas como la marginación, bajos índices de penetración de internet y la brecha digital podrían impedir que los agricultores más pequeños adopten estas tecnologías avanzadas.

Además de estos riesgos, de la realización de este proyecto se pueden extraer algunos más. Por ejemplo, la sustitución de mano de obra humana por sistemas de Inteligencia Artificial y la cantidad de trabajos tradicionales que se pueden perder por esta transformación. Si bien surgirían unos pocos nuevos trabajos relacionados con el manejo de la Inteligencia Artificial, existe una obligada transición en la cual no es justo dejar de lado a operarios y trabajadores de campo. Para asegurar una transición igualitaria convendría tener presente este aspecto. Esto se debe a que la introducción de Inteligencia Artificial en los procesos principalmente reduce el número de trabajadores.

Otro riesgo podría ser depender demasiado de las tecnologías. Si por cualquier razón (apagón, malfuncionamiento) hay una avería en estos sistemas, se podría echar a perder gran parte de la producción con consecuencias muy graves para una bodega de vino. La dependencia total de la tecnología puede resultar en la pérdida del conocimiento agrícola tradicional, lo que podría tener implicaciones a largo plazo para la sostenibilidad y la diversidad de productos.

Un riesgo que suele estar presente en todos los temas que se relacionen con la Inteligencia Artificial es el del carácter ético de las decisiones tomadas por la Inteligencia Artificial. Se deben extremar precauciones cuando estas decisiones que toma la Inteligencia Artificial puedan afectar, de manera directa o indirecta, a la salud humana, la biodiversidad o el consumo de recursos naturales.

Actualmente, convendría, sobre todo por parte de organismos reguladores y empresas grandes del sector, realizar evaluación más exhaustiva de los riesgos asociados con la incorporación acelerada de la Inteligencia Artificial en la agroindustria, con énfasis en la seguridad, la equidad y la sostenibilidad a largo plazo. Abordando de la manera correcta estos riesgos, las bodegas pueden garantizar una implementación más segura de la Inteligencia Artificial y el Big Data en sus operaciones.

6. CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de tecnologías como la Inteligencia Artificial y el Big Data en una bodega vitivinícola supone un paso estratégico y necesario en el contexto actual hacia la modernización y optimización de procesos. Las conclusiones extraídas de este proyecto ofrecen perspectivas valiosas para la integración de tecnologías avanzadas en una industria tradicional y arraigada en la artesanía.

El análisis de casos de estudio ha desempeñado un papel central en la generación de propuestas innovadoras para la bodega de vino. Inspirados por experiencias exitosas en la agroindustria, haciendo hincapié en la vitivinícola, se han propuesto implementaciones específicas que podrían revolucionar la gestión de viñedos, la producción de vino y la cadena de suministro. La aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial, como la visión artificial y algoritmos predictivos, promete optimizar recursos, prevenir enfermedades de la vid y mejorar la toma de decisiones en todas las etapas del proceso.

La identificación de áreas clave para la mejora en una bodega de vino se traduce en oportunidades estratégicas para aumentar la eficiencia operativa y la calidad del producto. Desde la gestión de viñedos hasta el proceso de embotellado, se han diseñado propuestas específicas que aprovechan la Inteligencia Artificial y el Big Data, basándose en los casos analizados. La implementación de sistemas de monitoreo, control y análisis inteligentes en cada etapa del proceso ofrece una visión conectada de la operación de la bodega, asegurando la trazabilidad, la calidad del producto y la eficiencia logística.

Por lo tanto, la combinación de los conocimientos adquiridos durante el estudio de ejemplos exitosos en la industria y el análisis de una bodega, con el fin de identificar áreas mejorables, ha permitido llegar a una propuesta concreta de implementaciones interesantes.

Las propuestas de implementación surgen como pilares fundamentales para la consecución de la transformación digital en la bodega de vino. Desde la agricultura de precisión en los viñedos hasta la optimización de procesos en la producción y el embotellado, cada propuesta está respaldada por la capacidad demostrada de la Inteligencia Artificial y el Big Data para asegurar mejoras significativas. La automatización de procesos agrícolas, el análisis predictivo y la monitorización inteligente abren nuevas posibilidades para una gestión más eficiente y sostenible de la bodega.

El camino hacia esta transformación digital no está libre de desafíos y complicaciones. Problemas de conectividad, fiabilidad de datos, limitaciones financieras... se presentan como obstáculos potenciales. Sin embargo, el análisis exhaustivo de estos desafíos permite la identificación de estrategias de mitigación. Además, la evaluación de riesgos revela preocupaciones éticas y de seguridad asociadas con la rápida implementación de la Inteligencia Artificial en la agricultura. Desde posibles ciberataques hasta el riesgo de exclusión de pequeños agricultores, se destacan riesgos que requieren una atención cuidadosa.

De esta manera, las propuestas de implementación presentadas en este proyecto representan una oportunidad significativa para la transformación digital de la bodega de vino, ofreciendo una serie de beneficios sustanciales junto con desafíos y consideraciones importantes. A continuación, se recogen de manera sintetizada estos aspectos positivos y negativos.

Como potenciales beneficios de la implementación de estas propuestas tenemos, por ejemplo:

- **Eficiencia operativa:** La implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data en la agricultura de precisión y la línea de producción y logística tiene el potencial de aumentar significativamente la eficiencia operativa. La automatización de procesos agrícolas, la monitorización inteligente y el análisis predictivo permiten una gestión más eficiente de los recursos y una producción más consistente y adaptada al mercado.
- **Optimización de recursos:** La aplicación de la Inteligencia Artificial en la gestión de los viñedos facilita una utilización más precisa de recursos como el agua, pesticidas y fertilizantes. Esto no solo se traduce en ahorros económicos para la bodega, sino que también minimiza el impacto ambiental.
- **Mejora en la calidad:** La monitorización en tiempo real durante la fermentación, crianza y embotellado, respaldada por sistemas de Inteligencia Artificial, contribuye a mantener condiciones óptimas y garantizar la calidad del vino. Esto tiene un impacto positivo en la consistencia del producto final y, por tanto, en la percepción de la marca.
- **Trazabilidad:** La interconexión de tecnologías con Big Data proporciona una trazabilidad detallada desde el cultivo hasta el producto final. Esto no solo facilita el seguimiento y la gestión de la calidad, sino que también permite una toma de decisiones informada.
- **Predicción de la demanda:** La capacidad de prever la demanda mediante análisis históricos y tendencias del mercado brinda a la bodega la oportunidad de optimizar la gestión de inventarios y mejorar la planificación logística, lo que puede resultar en ahorros y una distribución más eficiente.

En la otra cara de la moneda se pueden recoger también los potenciales aspectos negativos de introducir estas tecnologías en una bodega:

- **Inversión financiera:** La implementación de estas tecnologías implica una inversión significativa. Aunque se puede esperar que los beneficios a largo plazo superen los costos, la bodega debe evaluar cuidadosamente el retorno de inversión y explorar opciones de financiamiento para superar este desafío.
- **Desafíos de integración:** Integrar nuevas soluciones de Inteligencia Artificial y Big Data con sistemas existentes puede ser un desafío, especialmente en un entorno tradicional como el de la industria vitivinícola. Es esencial garantizar una transición equilibrada y la compatibilidad de plataformas para evitar interrupciones en las operaciones.

- Cambio cultural y resistencia del personal: La resistencia del personal a la adopción de nuevas tecnologías, puede ser un desafío. Programas de formación continua y estrategias de cambio cultural son esenciales para mitigar este obstáculo.
- Dependencia de la tecnología: La dependencia total de la tecnología puede plantear riesgos. La bodega debe considerar estrategias de respaldo y medidas para preservar el conocimiento agrícola.
- Cumplimiento normativo: Las regulaciones estrictas en la industria vitivinícola deben ser cuidadosamente consideradas. Garantizar que las prácticas de Inteligencia Artificial y Big Data cumplan con estas normativas es muy importante para evitar sanciones.

En resumen, la transformación digital en una bodega de vino no es simplemente una evolución tecnológica, sino un cambio estratégico hacia la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad. Las propuestas de implementación basadas en casos de estudio ofrecen un camino concreto, mientras que la consideración cuidadosa de desafíos y riesgos proporciona una guía para una adopción informada. La convergencia de la tradición vitivinícola con las innovaciones tecnológicas plantea un escenario desafiante donde la planificación estratégica y la consideración ética son cruciales para el éxito. En última instancia, la transformación digital en una bodega de vino no es solo una respuesta a las demandas del presente, sino una visión para el futuro de una industria tradicional en un mundo moderno.

BIBLIOGRAFÍA

- AECOC (2017). *John Deere y la Inteligencia Artificial en la agricultura*.
<https://www.aecoc.es/innovation-hub-noticias/john-deere-y-la-inteligencia-artificial-en-la-agricultura/>
- agTechFinder (s.f.). *VineSignal*
<https://agtechfinder.com/directory/deep-planet-ltd/vinesignal>
- Blue River Technology (2021). *Delivering impactful solutions*.
<https://bluerivertechnology.com/our-products/>
- Bodega Matarromera (s.f.). *Domótica*.
<https://matarromera.es/sostenibilidad/#domotica>
- Cambio16 (2022, 10 noviembre) *Bodega Matarromera, con la digitalización como ADN*.
<https://www.cambio16.com/bodega-matarromera-con-la-digitalizacion-como-adn/>
- Cea Campos, P. (2023, 25 abril) *Tres usos de la IA en la agroindustria que están revolucionando el sector este 2023*. LinkedIn.es
<https://www.linkedin.com/pulse/tres-usos-de-la-ia-en-agroindustria-que-est%C3%A1n-el-este-cea-campos/?originalSubdomain=es>
- CincoDías (2022, 22 noviembre) *Un brindis con vino español por la sostenibilidad, la economía y el empleo*. El País.
https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/11/16/extras/1668601493_680062.html
- Claver, H (2022, 9 marzo). *AI in agriculture comes with substantial risks, warn researchers*. Nature Machine Intelligence.
<https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/ai-in-agriculture-comes-with-substantial-risks-warn-researchers/>

- Cordero, E. (2019, 10 julio) *¿Qué es Big Data y para qué sirve?* Imagineer.
<https://blog.imagineer.co/es/que-es-big-data-y-para-que-sirve>
- DCVC (2017, 7 septiembre) *John Deere acquires Blue River Technology for \$305 million, bringing full stack AI to agriculture.*
<https://medium.com/@dcvc/john-deere-acquires-blue-river-technology-for-305-million-bringing-full-stack-ai-to-agriculture-7ca8c25a5fe1>
- Deep Planet (s.f.).
<https://www.deepplanet.ai/vinesignal>
- Dignan, L (2019, 21 mayo) *IBM launches Watson tools for agriculture.* ZDNet.com
<https://www.zdnet.com/article/ibm-launches-watson-tools-for-agriculture/>
- Domene, A. (2023, 12 septiembre) *La aplicación del Big Data en el sector agroalimentario.* Futurizable.com
<https://futurizable.com/big-data-agro/>
- El Día de Valladolid (2023, 8 abril). *Matarromera, tradición e innovación.*
<https://www.eldiadevalladolid.com/noticia/z918d8245-9984-ff47-7e6c91a55d2734e4/202303/matarromera-tradicion-e-innovacion>
- Federación española del vino (FEV) (2021). *El sector en cifras.*
<https://www.fev.es/sector-cifras/>
- Fernández Portela, J. (2015) *Bodegas tradicionales y nuevos espacios vitivinícolas industriales en Castilla y León, España.* Universidad de La Rioja
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5284901.pdf>
- Forssman, A. (2017, 15 noviembre) *Hallan en Georgia la evidencia más antigua de elaboración de vino, de 8.000 años de antigüedad.* National Geographic.
https://historia.nationalgeographic.com.es/a/hallan-georgia-evidencia-mas-antigua-elaboracion-vino-8000-anos-antiguedad_12093

Galán, A. (2023, 2 mayo) *7 ejemplos de uso de Inteligencia Artificial en nuestro día a día*. Immune Technology Institute

<https://immune.institute/blog/7-ejemplos-de-uso-de-inteligencia-artificial-en-nuestro-dia-a-dia/>

IBM (s.f.).

<https://www.ibm.com/es-es/about>

Instituto de Ingeniería del Conocimiento (2021). *Big Data e Inteligencia Artificial*. Universidad Autónoma de Madrid.

<https://www.iic.uam.es/big-data-inteligencia-artificial/>

Insurance Canada (2020). *Farmers Edge continues wave of digital disruption in crop insurance with landslide of new agency partners*.

<https://www.insurance-canada.ca/2020/06/11/farmers-edge-new-agency-partnerships/>

Interempresas (2023, 22 noviembre) *Enartis adquiere WineGrid: bodegas cada vez más eficientes gracias a la Inteligencia Artificial*

<https://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/496870-Enartis-adquiere-WINEGRID-bodegas-cada-vez-mas-eficientes-gracias-Inteligencia-Artificial.html>

John Deere. (s.f.)

<https://www.deere.es/es/index.html>

Loeb, S (2023, 11 octubre) *The role of AI in the wine industry*. valornews

<https://vator.tv/news/2023-10-11-the-role-of-ai-in-the-wine-industry#:~:text=Artificial%20intelligence%20in%20the%20wine%20industry&text=Applications%20for%20AI%20in%20wine,be%20made%20in%20real%20Dtime.>

MarketScreener (2019, 22 mayo) *IBM Weather Signals Uses AI to Enable Predictive Weather-Based Business Forecasting*

<https://www.marketscreener.com/quote/stock/IBM-4828/news/IBM-Weather-Signals-Uses-AI-to-Enable-Predictive-Weather-Based-Business-Forecasting-34287235/>

Parlamento Europeo (2021, 26 marzo) *¿Qué es la Inteligencia Artificial y cómo se usa?*
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20200827STO85804/que-es-la-inteligencia-artificial-y-como-se-usa>

PR Newswire (2022, 11 enero) *Cargill expands portfolio of artificial intelligence-powered innovations to give poultry producers actionable insights.*
<https://www.prnewswire.com/news-releases/cargill-expands-portfolio-of-artificial-intelligence-powered-innovations-to-give-poultry-producers-actionable-insights-301458546.html>

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). (s.f.).
<https://www.oiv.int/es/que-hacemos/datos>

Ramos Forero, M.A. (2023, 6 marzo) *¿Cuál fue la primera Inteligencia Artificial?*
ElTiempo.com
<https://www.eltiempo.com/tecnosfera/cual-fue-la-primera-inteligencia-artificial-747761#:~:text=En%20el%20a%C3%B1o%201956%2C%20los,este%20proceso%20como%20Inteligencia%20Artificial.>

Rodríguez de la Torre, M. (2023, 8 septiembre) *Bodega Matarromera: Digitalización e innovación para alcanzar Net Zero.* Gobierno de España.
<https://congresoindustria.gob.es/cnip/bodega-matarromera-digitalizacion-e-innovacion-para-alcanzar-net-zero/>

SpaceWatch (2019, junio) *IBM AI Cloud Technology helps agriculture industry improve the world's food and crop supply.*
<https://spacewatch.global/2019/06/ibm-ai-and-cloud-technology-helps-agriculture-industry-improve-the-worlds-food-and-crop-supply/>

Stanford University (2023) *Artificial Intelligence Index Report.*
https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report_2023.pdf

Thompson, W (2021). *Big Data: Qué es y por qué es importante.* SAS ES
https://www.sas.com/es_es/insights/big-data/what-is-big-data.html#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20%22big%20data%22%20se,existe%20desde%20hace%20mucho%20tiempo.

TurismoDeVino. (s.f.). *12 pasos para la correcta elaboración del vino.*
<https://turismodevino.com/saber-de-vino/elaboracion-de-vino/>

Vinalium (2019, 5 noviembre) *Los 10 mayores productores de vino del mundo*
<https://vinalium.com/blog/blog-vinalium/los-10-mayores-productores-de-vino-del-mundo>

Vinetur. (2017, 30 enero) *¿Por qué es tan importante el enoturismo?*
<https://www.vinetur.com/2017013026950/por-que-es-tan-importante-el-enoturismo.html>

WineGrid. (s.f.).
https://marketing.winegrid.com/wineplus-en?_gl=1*soqfim*_ga*MTAwMTIwMjM1Ny4xNzAwNzUxMDk2*_ga_MDXMFVX888*MTcwMDc1MTA5NS4xLjAuMTcwMDc1MTA5NS4wLjAuMA

