



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

**TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN E INTERFACES QR COMO
HERRAMIENTA DE TRAZABILIDAD DE CARNES**

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo**

Autor: Juan Martín Giordano Roux

Tutor: Ing. Agr. Victor Piñeyro

Fecha de defensa:

Resumen

En la última década, el sector agropecuario ha experimentado una transformación hacia prácticas más sostenibles, enfrentándose a desafíos cruciales en el contexto de la evolución del consumo de carne. Este ensayo se centra en describir los avances de la trazabilidad en el ganado de carne y examinar el papel crucial que la tecnología blockchain y las interfaces QR pueden desempeñar en la industria cárnica. La metodología implica una investigación exhaustiva de fuentes secundarias para comprender cómo estas tecnologías impactan las cadenas de suministro modernas. Se explora también mi experiencia en una start-up centrada en proporcionar soluciones para la trazabilidad en la industria ganadera argentina mediante estas tecnologías. Este trabajo no solo busca ser un análisis teórico, sino que aspira a proporcionar una visión práctica de la implementación de tecnologías emergentes, en el contexto real de la industria agropecuaria argentina. La investigación tiene como objetivo enriquecer a todos los participantes en la cadena de suministro bovina, ya que estas tecnologías tienen el potencial de ofrecer trazabilidad, transparencia y confianza integral en todo el proceso ganadero, contribuyendo así al avance sostenible de la industria cárnica en Argentina.

Palabras clave: Trazabilidad, cadena de suministro, tecnología blockchain, códigos QR, sostenibilidad.

Índice

Contenido

1.	Resumen	
2.	Índice	
3.	Introducción	
4.	Objetivos	
5.	Desarrollo	
5.1.	Trazabilidad de la carne bovina	
5.2.	Sistemas de identificación de ganado	
5.3.	Agro 4.0: Evolución de las tecnologías agropecuarias	
5.4.	Fundamentos de la tecnología blockchain.....	
5.4.1.	¿Qué es blockchain?	
5.4.2.	Funcionamiento técnico de una blockchain.....	
5.4.3.	Tipos de blockchain.....	
5.4.4.	Tokenización de activos	
5.4.5.	Papel de la blockchain en las cadenas de suministro modernas	
5.4.6.	Casos de uso de blockchain en diferentes industrias	
5.5.	Descripción general de la industria ganadera en Argentina	
5.5.1.	Identificación de los actores de la cadena.....	
5.5.2.	Mercados y consumidores.....	
5.5.3.	Oportunidades Identificadas	
5.6.	Caso de estudio: Carnes Validadas	
5.6.1.	Propuesta de valor	
5.6.2.	Solución	
5.6.3.	Casos de éxito de marcas exportadoras de carne	
5.6.4.	Desafíos para su adopción	
6.	Conclusiones y aportes al tema	
7.	Bibliografía	

Índice de tablas

Tabla 1: Sistemas de identificación animal

Tabla 2: Necesidades y funciones del sector agropecuario

Índice de figuras

Figura 1: Caravana tarjeta

Figura 2: Caravana botón

Figura 3: Integración tecnológica en ganadería de precisión

Figura 4: Representación de blockchain

Figura 5: Propuesta de medición de calidad

Figura 6: Ejemplo de cómo funciona blockchain

Figura 7: Información del producto

Figura 8: Historia del producto para el consumidor

Figura 9: Feedback del consumidor

Figura 10: Representación digital

Figura 11: Información del token vaca

Figura 12: Dinámica de Carnes Validadas

Figura 13: Generar valor con información

Figura 14: Dashboard plataforma Carnes Validadas

Figura 15: Mikrosito (sitio web de establecimiento) Carnes Validadas

Figura 16: Resultado del escaneo del código QR

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Envío de carne envasada con QR - Pilagá

Ilustración 2: Marketing de producto - Pilagá

Ilustración 3: Marketing en remates - Pilagá

Ilustración 4: Envío de carne envasada - Abuelo Julio

Ilustración 5: Marketing de producto - Abuelo Julio

Introducción

El informe "How to Feed the World 2050", de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), nos hace reflexionar sobre el crecimiento exponencial de la población mundial y los desafíos que ello implica. Se proyecta que para el año 2050, la población alcanzará los 9.1 mil millones. Satisfacer las necesidades calóricas básicas de esta población requerirá un aumento de casi el 70 por ciento en la producción mundial de alimentos en comparación con los niveles de 2009. La FAO prevé la conversión de 70 millones de hectáreas de nuevo suelo cultivable para la producción agrícola, representando un aumento neto de aproximadamente el cinco por ciento con respecto a los niveles de 2009. En consecuencia, el sistema global de producción de alimentos deberá incrementar su producción en un 70 por ciento, mientras que el acceso a tierras adicionales será de solo un cinco por ciento más.

En el contexto del crecimiento acelerado del consumo de productos de origen animal, la ganadería se encuentra bajo presión para aumentar su producción. Esta demanda creciente abre las puertas a oportunidades significativas para la introducción de mayores niveles de automatización e innovación tecnológica en el sector ganadero. Este escenario subraya la necesidad imperante de adoptar enfoques más eficientes y avanzados tecnológicamente para satisfacer las demandas del mercado y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la producción ganadera (Halachmi & Guarino, 2016).

Desde hace varias décadas, la trazabilidad en la industria de la carne ha surgido como un componente esencial del sector, con notables implicaciones en la organización de la cadena y la evolución del comercio a nivel mundial. La implementación de la trazabilidad conlleva una serie de medidas, tanto a nivel organizativo como técnico. Desde la perspectiva técnica, implica el desarrollo de sistemas de identificación, registro, transmisión y almacenamiento de datos. Estas medidas no solo afectan la forma en que se gestiona la cadena de suministro, sino que también transforman la manera en que se recopila y utiliza la información relacionada con la carne en toda la cadena productiva (R. Green, 2007).

La trazabilidad ha experimentado una evolución significativa, pasando de ser un sistema de gestión de crisis, originado en Europa como respuesta a la grave crisis de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) en la década de los noventa, a convertirse en un componente integral de los sistemas de gestión de la calidad y un elemento esencial en las cadenas de suministro modernas. Aunque hoy en día es muy difícil asegurar la trazabilidad y transparencia de la información a lo largo de la cadena de suministro de la industria ganadera, existen tecnologías en pleno crecimiento que pueden ayudar a lograr estos objetivos.

La implementación de la tecnología blockchain podría abordar eficazmente el problema del flujo de información entre los distintos actores involucrados. Todos los participantes se beneficiarían al tener un acceso transparente a los datos y al flujo de información proporcionado por proveedores, ganaderos, carniceros, distribuidores, entre otros. Además, el impacto más significativo sería proporcionar a los consumidores finales información precisa sobre el producto que están consumiendo, ya que la tendencia actual indica que los consumidores valoran tener detalles precisos sobre lo que consumen.

La tecnología blockchain no solo tiene el potencial de mejorar la seguridad alimentaria y la trazabilidad, fortalecer las iniciativas de sostenibilidad ambiental y empoderar a los pequeños productores, sino que también puede cumplir con las regulaciones internacionales para acceder a nuevos mercados. Aunque la atención principal de la tecnología blockchain ha estado en las monedas y los mercados financieros, expertos, incluidos altos funcionarios del Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, anticipan que las aplicaciones alternativas de blockchain, no relacionadas con monedas, tendrán un impacto más amplio y transformador que las criptomonedas. Las posibles aplicaciones de la tecnología blockchain en los mercados agroalimentarios son diversas y podrían utilizarse para rastrear con precisión los productos alimenticios desde la granja hasta la mesa, a lo largo de toda la cadena de suministro, proporcionando fácil acceso a esta información para múltiples partes interesadas (Green & Flanagan, 2018).

En los últimos años, la tecnología blockchain y sus diversas aplicaciones han captado considerable atención, siendo América Latina una región destacada en este interés. Según datos de (Estado Del Arte de Blockchain En La Empresa Española, 2019), las inversiones en blockchain en la región alcanzaron los 77.1 millones de dólares, y se proyecta un crecimiento continuo para el futuro cercano. Estos datos subrayan la urgencia y la importancia de explorar tecnologías innovadoras para abordar los desafíos inminentes en la producción de alimentos. En este viaje exploratorio, nos sumergiremos en los fundamentos de la tecnología blockchain y analizaremos su papel crucial en las cadenas de suministro modernas.

A su vez, los mercados son cada vez más exigentes en cuanto a la trazabilidad y procedencia de los productos. Las normativas de comercio de alimentos son cada vez más rígidas y generarán que quienes no adopten procesos controlados, trazados y den garantía de origen en góndola queden fuera de los mercados más exclusivos (Bragachini, 2018). Al considerar los cambios en los mercados y las expectativas de los consumidores del siglo XXI, exploraremos las oportunidades que ofrece la tecnología blockchain y las interfaces QR para descomoditizar productos mediante la provisión de información detallada y transparente. Esta nueva era no solo se trata de producir carne, sino de construir confianza con los consumidores y responder a sus demandas crecientes de trazabilidad y calidad.

Objetivos

Objetivo general

La finalidad de este proyecto es evaluar la implementación de la tecnología blockchain e interfaces QR como herramienta de trazabilidad en la industria ganadera Argentina. Para lograr esta finalidad se plantean los siguientes objetivos:

Objetivos específicos

- Describir la importancia de la trazabilidad en la industria de la carne bovina en Argentina.
- Describir los principios y beneficios de la tecnología blockchain.
- Analizar aplicaciones de la tecnología blockchain para identificar su papel en las cadenas de suministro modernas.
- Compartir experiencia formando parte del proyecto de Carnes Validadas para analizar viabilidad de la solución y su aplicación en la práctica.

Desarrollo

Trazabilidad de la carne bovina

La Organización Internacional de Normalización o Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), mediante la norma Nro. 8402 publicada en 1994 define el concepto de trazabilidad como "aptitud de reconstruir la historia, uso o la localización de un producto por medio de identificaciones registradas". El término trazabilidad proviene del inglés "trace ability", "la habilidad de rastrear" en inglés.

La trazabilidad, refiere al registro de información relacionada con los elementos presentes en el historial de un producto, desde el nacimiento hasta el consumidor final. Este enfoque se traduce en la capacidad de seguir un producto a lo largo de la cadena de suministros, ofreciendo una visión completa y detallada de su trayectoria (Sánchez Villagrán, 2008).

Desde una perspectiva global, Green (2007) define la trazabilidad como la capacidad de seguir el rastro a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento o animal destinado a la producción de alimentos.

Albornoz (2006) destaca que la trazabilidad se difundió principalmente en la ganadería bovina tras el brote del síndrome de la vaca loca en 1996, también conocida como Encefalitis Espongiforme Bovina (EEB). Esta crisis de confianza, especialmente en Europa, generó la necesidad de implementar sistemas que aseguraran la calidad y sanidad en toda la cadena de producción y comercialización de la carne, motivando el desarrollo y uso de la trazabilidad.

La trazabilidad, más allá de cumplir con requisitos legales y normativas internacionales, ha abierto oportunidades para el mejoramiento genético, la certificación de la denominación de origen y el establecimiento de marcas distintivas (Sánchez Villagrán, 2008). Tanto en Argentina, como en otros países exportadores de carne bovina, las regulaciones han evolucionado progresivamente para cumplir con estándares internacionales y un central interés en recuperar la credibilidad de los compradores externos. La certificación de procesos de producción fue clave para restaurar la confianza del consumidor y mejorar la calidad y seguridad de la carne bovina argentina (Treboux, 2019).

La trazabilidad se consolida como un pilar fundamental en la producción de carne bovina, garantizando seguridad alimentaria y cumplimiento de requisitos legales. Además, proporciona información valiosa para los consumidores, quienes, cada vez más conscientes, buscan productos con una historia transparente (Albornoz, 2006).

En este escenario, la trazabilidad se establece como una herramienta esencial, no solo para cumplir con exigencias normativas y estándares internacionales, sino también para construir un puente de confianza entre los eslabones de la cadena de suministro. Desde una perspectiva más amplia, se reconoce que la trazabilidad no es simplemente una herramienta técnica, sino la piedra angular para construir la confianza del consumidor. Esto asegura que cada corte de carne provenga de un proceso de producción transparente y sujeto a rigurosos estándares de calidad (Albornoz, 2006)

Desde una perspectiva técnica, la trazabilidad también puede ser definida como la capacidad de identificación del animal desde su nacimiento hasta el final de la cadena de comercialización de sus productos. Esta definición subraya que la trazabilidad no es un fin en sí misma, sino una herramienta alineada con objetivos claros y definidos, siendo fundamental para metas como la recuperación del consumo interno de carnes y la satisfacción de la creciente demanda internacional (Aráoz, 2004).

En el escenario global, países altamente desarrollados, como los de la Unión Europea, resto de Europa, Estados Unidos, Canadá, Japón, entre otros, han intensificado sus estándares y requisitos, especialmente en relación con el rastreo y la trazabilidad de los alimentos, especialmente los considerados frescos. Los compradores, cada vez más insistentes, exigen conocer en detalle el origen, la raza, el sistema productivo y las condiciones de nutrición de los animales. Además, buscan obtener información detallada sobre los componentes, propiedades y otras características de la carne a lo largo de toda la cadena productiva, desde la producción primaria hasta los diversos procesos de elaboración, transporte, envasado y condiciones de conservación, entre otros. Este contexto resalta la creciente importancia de la trazabilidad como respuesta a las demandas y expectativas de los consumidores en mercados internacionales (Aráoz, 2004).

A nivel regional, Albornoz (2006) señala que la trazabilidad en el sector primario de la región pampeana se encuentra en sus inicios, con un enfoque limitado hacia la ganadería bovina de carne. Experiencias fragmentadas en algunas provincias, como el Proyecto Trazar en Santa Fe, un proyecto de trazabilidad respaldado por el gobierno provincial en Córdoba, y diversas iniciativas de empresas o fundaciones en el AMBA, ofrecen un vistazo a la incipiente implementación de sistemas de gestión y software para la trazabilidad. El Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia de Santa Fe también contribuye con un sistema de consulta e integración de información ganadera, utilizando informes derivados de campañas de vacunación.

Estos ejemplos prácticos subrayan los desafíos y logros que rodean la implementación efectiva de la trazabilidad en la producción de carne bovina. Desde superar obstáculos en la región pampeana hasta iniciativas gubernamentales y empresariales, estos casos concretos destacan la importancia de adaptar la trazabilidad a contextos locales y globales, considerando las demandas crecientes de los consumidores y los estándares internacionales.

Sistemas de identificación de ganado

En el contexto de la trazabilidad de la carne bovina, la identificación animal desempeña un papel crucial. Es importante destacar que el término "trazabilidad" no debe confundirse con la mera identificación de los animales. Esta última, aunque es un elemento fundamental para lograr la trazabilidad, no constituye la inversión más importante para implementar un sistema efectivo de rastreabilidad. La identificación animal se presenta como el punto de partida para el desarrollo de un sistema de trazabilidad sólido (Sánchez Villagrán, 2008).

En el ámbito ganadero, a menudo se percibe erróneamente la identificación y la trazabilidad como sinónimos. Sin embargo, es esencial comprender que la identificación animal y el registro son condiciones constituyentes del sistema de trazabilidad. Además de cumplir con las demandas de los mercados internacionales, donde los consumidores buscan conocer el origen de los productos cárnicos importados, la identificación animal también se presenta como una herramienta de protección que valida la propiedad del ganado. Este proceso no solo garantiza la transparencia en la cadena de suministro, sino que también asegura la autenticidad y legitimidad de la propiedad de los animales, contribuyendo así a la construcción de sistemas de trazabilidad confiables y efectivos.

En la historia de la ganadería, la identificación animal ha sido una práctica arraigada desde los antecedentes de la domesticación. Desde los primeros vínculos entre el hombre y los animales, establecidos para la cría y aprovechamiento de especies domésticas zootécnicamente útiles, surgió la necesidad de identificar a estos seres. Inicialmente, esta identificación cumplía la función de denotar propiedad y, a medida que las poblaciones ganaderas crecían, se convirtió también en una herramienta administrativa.

Los sistemas de identificación animal pueden clasificarse en dos categorías principales, grupales e individuales. Los grupales identifican conjuntos de animales diferenciados por diversos criterios, ya sea por haber recibido un tratamiento sanitario específico, una crianza distinta, etc. Mientras que los individuales, asignan a cada animal una clave única, incluyendo la identificación del establecimiento y un número específico para ese individuo. Los nuevos estándares en términos de rastreabilidad del animal y de sus productos se han vuelto norma, aumentando la necesidad de identificación individual (Aráoz, 2004; Heinz et al., 2007).

En Argentina, el sistema de identificación del ganado es grupal por establecimiento de origen, donde todos los bovinos deben ser marcados individualmente mediante una marca a fuego antes de los seis o doce meses de edad, según las leyes provinciales y la Ley Nacional 22.939. La ley establecida en 1983 logró unificar a todo el país con un régimen de marcas y señales, certificaciones y guías. La venta de animales requiere la obtención de la Guía de Transporte en la Municipalidad y el Documento de Tránsito Animal (DTA) en el SENASA. El DTA es de uso obligatorio para resguardar el estado sanitario y es expedido previamente a la guía.

Heinz et al. (2007) destacan la evolución de la necesidad de identificación del ganado, y señalan que, más allá de la confirmación de la propiedad, la identificación individual de los animales se ha vuelto esencial para registrar aspectos como ganancia de peso, fertilidad y susceptibilidad a enfermedades. Esta identificación facilita procesos como cruces, selección y manejo, así como procedimientos diagnósticos, permitiendo descartar animales positivos en pruebas de enfermedades como la brucelosis. Más recientemente, ha surgido la necesidad de identificar los animales con propósitos de trazabilidad, para rastrear hacia atrás y detectar problemas a lo largo de la cadena de producción o en la carne derivada de ese animal.

A lo largo del tiempo, el sistema de identificación animal ha experimentado una notable evolución en concordancia con los avances científicos y tecnológicos.

Desde las clásicas marcas en la piel hechas con hierros incandescentes, muescas, perforaciones en orejas, collares, pulseras, tatuajes, hasta llegar a las caravanas, la diversidad de métodos ha sido amplia. A continuación, encontramos un cuadro comparativo con los diferentes sistemas de identificación animal:

Tabla 1: Sistemas de identificación animal

Comparación de sistemas de identificación animal					
Tipo	Legibilidad	Costo	Durabilidad	Transcripción	Control Central
Herrado con calor	pobre	barato	buena	manual	imposible
Herrado con frío	pobre	caro	buena	manual	imposible
Tatuaje (en oreja)	muy pobre	barato	buena	manual	imposible
Arete (visual)	buena	razonable	regular	manual	posible
Arete (código de barra)	buena (si limpio)	razonable	regular	electrónica	posible
Arete (radiofaro)	excelente	caro	buena	electrónica	posible
Radiofaro subcutáneo	excelente	caro	buena	electrónica	posible
Radiofaro intraruminal	excelente	caro	buena	electrónica	posible
Métodos genéticos	difícil	caro	buena	compleja	esencial

Fuente: (Heinz et al., 2007)

En línea con los requisitos propuestos por Green (2007), los sistemas de identificación animal utilizados para la trazabilidad deben poseer tres características fundamentales: ser permanentes para evitar cualquier riesgo de pérdida, ser únicos y acompañar al animal a lo largo de toda su vida. En Argentina, esta tradición ha evolucionado con el tiempo, y en la actualidad, la identificación animal se mantiene como una práctica fundamental gracias a la colaboración entre el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) y el sector privado. Ambos actores han respondido a los requisitos internacionales, fortaleciendo la identificación como parte de un enfoque integral de mejoramiento zoonosanitario.

En el 2006, SENASA instrumentó el Sistema Nacional de Identificación de Ganado Bovino mediante la creación de la Clave Única de Identificación Ganadera (CUIG) que identifica individualmente a cada productor pecuario del país en cada establecimiento agropecuario (RENSPA). De esta manera, se logró materializar el plan nacional a través de un registro que abarca todos los establecimientos pecuarios, permitiendo supervisar todos los movimientos de las especies.

Hasta el 1 de Julio del 2017, la identificación individual para bovinos en nuestro país estuvo dada por el uso de la caravana tarjeta visible obligatoria, regida por el organismo interviniente SENASA, Resolución 754/2006. Estos identificadores, generalmente de plástico, se colocan en la oreja del animal y llevan consigo un número o codificación única. Las mismas poseen cuatro colores; amarillo, rojo, verde y celeste, que se aplica en la oreja izquierda como dispositivo de identificación de cada animal, y el botón de seguridad correspondiente en la oreja derecha. El comienzo de la tarea de identificación de todos los animales coincidió con las campañas de vacunación contra la fiebre aftosa acordada con las provincias. Consecuentemente, se implementó el uso de caravanas amarillas para los animales cuyos establecimientos de nacimiento se hallen abarcados por la vacunación contra la Fiebre Aftosa, y verde para los animales cuyos establecimientos de nacimiento no se hallen alcanzados por la vacunación contra

la Fiebre Aftosa. Respecto a los colores restantes, rojo para animales importados y celeste como caravana de reidentificación.

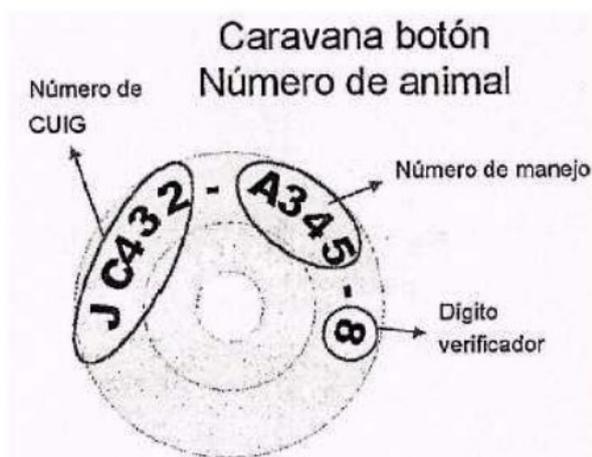
Figura 1: Caravana tarjeta



Fuente: Resolución 257-E/2017 - SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

El 12 de mayo de 2017, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) comunicó por medio del Boletín Oficial, el cambio de identificación de ganado bovino, bubalino y cérvido. La nueva identificación individual, única y permanente, debe ser realizada en cada animal, a través de la aplicación de una caravana del tipo “botón-botón” en la oreja derecha. Dicha caravana podrá incluir optativamente tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) de baja frecuencia. Dentro de los requerimientos se encuentran el CUIG, el código de identificación individual del animal en el establecimiento, y el dígito verificador.

Figura 2: Caravana botón



Fuente: Resolución 257-E/2017 - SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

En el caso de bovinos cuyos establecimientos de nacimiento no estén sujetos a la vacunación contra la Fiebre Aftosa, se establece la obligatoriedad de utilizar una doble caravana. Esta doble identificación constará de una caravana tipo botón-botón en la oreja derecha y otra del tipo tarjeta en la oreja izquierda, de color verde, y con su número individual. En cambio, para los casos en que los establecimientos de origen estén cubiertos por la vacunación contra la Fiebre Aftosa, el uso de la

segunda caravana tipo tarjeta en la oreja izquierda es opcional. Ante la pérdida o la imposibilidad de leer la caravana amarilla ya no será necesario reidentificarlos con una de color celeste, el productor deberá colocar una nueva caravana del tipo botón-botón correspondiente a la unidad productiva donde se localice el animal. Estos cambios permitieron agilizar y simplificar los procedimientos de identificación gracias al continuo desarrollo del Sistema Integrado de Gestión Sanitaria de Sanidad Animal (SIGSA) y su complementación con el seguimiento de las caravanas que se aplican a los animales.

Aunque ha habido debates y algunas iniciativas privadas, la implementación de la Resolución 15/2003 del SENASA marca un avance importante en la trazabilidad con respecto a la exportación. Esta resolución establece la identificación obligatoria de animales destinados a la Unión Europea mediante caravanas en la oreja izquierda. Para los establecimientos inscriptos como proveedores de ganado para faena de exportación con destino la Unión Europea (UE), Resolución N° 53/2017, la identificación deberá ser realizada al destete o al primer movimiento, lo que primero ocurra.

En definitiva, cualquier sistema de trazabilidad incorpora elementos fundamentales como la identificación individual de los animales, la recopilación y almacenamiento de información detallada sobre ellos, y el acceso a estos datos por parte de los diversos actores involucrados en la cadena de producción. Es crucial destacar que, para el consumidor final, quien es el destinatario principal de la aplicación de la trazabilidad, el acceso a esta información brinda la oportunidad de estar plenamente informado acerca del origen del producto, las características del establecimiento, los métodos de producción y procesamiento, así como la identificación de los participantes en toda la cadena. Este nivel de transparencia contribuye significativamente a fortalecer la confianza y la calidad en la industria agroalimentaria (Albornoz I, 2006).

Agro 4.0: Evolución de las tecnologías agropecuarias

La producción de alimentos está experimentando una transformación sin precedentes, marcada por cambios significativos en los últimos tiempos. La adopción acelerada de innovaciones tecnológicas y la digitalización de los procesos agropecuarios están revolucionando la manera en que concebimos y llevamos a cabo la producción de alimentos. Estas transformaciones no solo atraviesan todos los aspectos de la cadena agroindustrial, sino que también nos presentan nuevos enfoques para optimizar la producción, elevar la rentabilidad de las empresas y fortalecer la sostenibilidad de todo el sistema.

En este contexto, emerge el paradigma del Agro 4.0, donde la aplicación de tecnologías como inteligencia artificial, big data, internet de las cosas (IoT), blockchain, y otras tecnologías de la Industria 4.0 se convierte en un elemento central a lo largo de la cadena productiva. Este nuevo modelo no solo implica una transformación digital, sino que redefine la ejecución de tareas productivas y la toma de decisiones (Bosona & Gebresenbet, 2023; Brini, 2023; Lachman et al., 2022). Estas tecnologías desempeñan roles importantes al proporcionar al sector agroalimentario la inteligencia necesaria para superar muchos desafíos y garantizar la sostenibilidad de las cadenas agroalimentarias. Según (Lachman et al., 2022), la capacidad para captar datos del entorno físico, almacenarlos,

procesarlos y aplicar la inteligencia artificial con fines productivos se erige como un pilar fundamental de esta revolución tecnológica.

El Agro 4.0 no solo busca mejorar la eficiencia en la producción de alimentos, sino que también aspira a transformar la manera en que entendemos y llevamos a cabo la agricultura y la ganadería en el siglo XXI. Este enfoque integral no solo optimiza la producción y rentabilidad, sino que también contribuye de manera significativa a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. La fusión entre el mundo digital, el físico y el biológico está cambiando por completo la agricultura, la ganadería y otras actividades relacionadas con la producción de alimentos. Imagina robots inteligentes, dispositivos conectados a Internet y aplicaciones digitales trabajando juntos para automatizar tareas que solíamos hacer manualmente. Esta ola de innovación no solo hace que las operaciones cotidianas sean más eficientes, sino que también nos brinda nuevas formas de abordar la producción de alimentos.

La adopción de estas tecnologías no solo se trata de mejorar lo que ya hacemos, sino también de abrir nuevas oportunidades y enfoques en la agricultura y la ganadería. Estamos ante un cambio radical que redefine la manera en que interactuamos con la producción de alimentos y nos ofrece soluciones creativas para desafíos actuales, como la sostenibilidad y la seguridad alimentaria (Santos Valle & Kienzle, 2020).

Las tecnologías digitales han surgido como una herramienta poderosa para transformar el sistema alimentario, mejorando la eficiencia, sostenibilidad y transparencia en todos sus segmentos. Contribuyen a la mejora de la gestión agropecuaria, optimización del procesamiento, distribución y logística más eficientes, experiencias personalizadas para los clientes en el comercio minorista y servicios alimentarios, y capacitan a los consumidores para tomar decisiones más saludables y sostenibles (Brini, 2023).

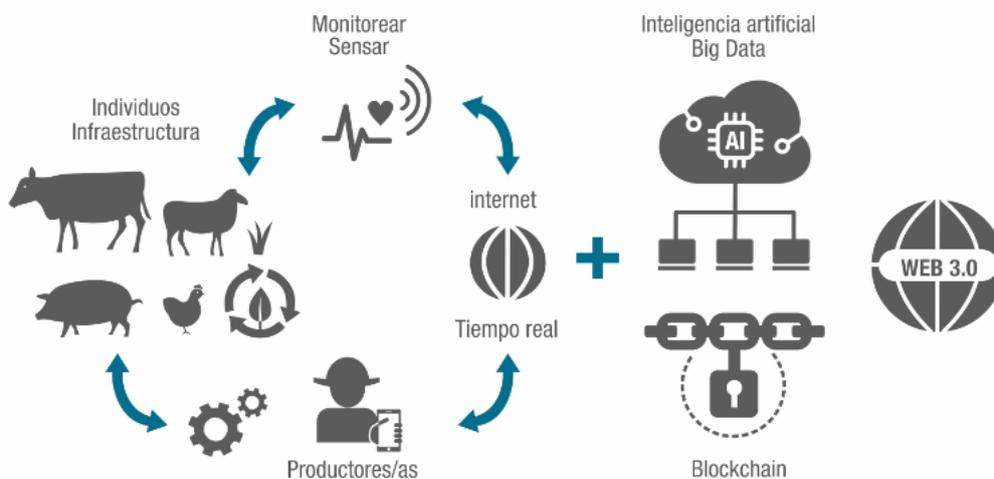
La creciente demanda de productos de origen animal, especialmente en los países en desarrollo, está impulsando la necesidad de aumentar la producción ganadera. Este incremento en la demanda ha llevado a una mayor automatización e innovación tecnológica en la ganadería, dando paso a lo que se conoce como ganadería de precisión. Como señala (Garro & Tallarico, 2022), este enfoque no solo busca satisfacer la demanda creciente, sino que también se alinea con las exigencias cada vez mayores de los mercados en cuanto a trazabilidad y procedencia de los productos.

En el contexto argentino, el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) está a la vanguardia en el impulso de la ganadería de precisión. Entre las herramientas que están en prueba, destacan los collares LoRa, que permiten el rastreo del ganado mediante tecnología IoT; los comederos inteligentes, que registran el consumo individual con tecnología RFID; y las balanzas de pesado al paso, estratégicamente ubicadas en zonas de agua para facilitar el pesaje automático. Además, implementa dispositivos de monitoreo para asegurar el correcto funcionamiento de aguadas y tanques, así como soluciones innovadoras para el seguimiento de la actividad reproductiva del ganado. Estos avances, liderados por diversos actores, tanto del ámbito científico y tecnológico como del sector privado, buscan generar datos precisos y relevantes para respaldar la toma de decisiones en la ganadería (Garro & Tallarico, 2022).

La gestión ganadera en Argentina está experimentando una transformación hacia la incorporación de tecnologías para optimizar procesos y mejorar la eficiencia. Aunque el sector ganadero ha sido tradicionalmente resistente a la digitalización, se está reconociendo gradualmente la capacidad de las tecnologías modernas para abordar necesidades específicas y mejorar la gestión del ganado. Como se ha destacado previamente, la clave para iniciar un enfoque de ganadería de precisión es la identificación individual, otorgando una identidad distintiva a cada animal a lo largo de su ciclo de vida. Esta transición de un control basado en promedios grupales a un enfoque individual proporciona ventajas directas en la toma de decisiones, abarcando aspectos tanto sanitarios como ambientales. La caravana electrónica, homologada por SENASA como sistema oficial de identificación bovina mediante la Resolución N° 1698/2019, emerge como la tecnología central que impulsa esta evolución en la gestión ganadera.

La implementación de la identificación electrónica en bovinos sienta las bases para una gestión ganadera avanzada y centrada en el animal. Este enfoque permite la recopilación constante de datos precisos y completos sobre cada individuo y su entorno en tiempo real. permite lograr una toma de decisiones más informada y eficiente. Al establecer la base de la identificación electrónica, se facilita la integración automática o semiautomática de capas adicionales de información y tecnología, como se muestra en el esquema correspondiente. Este enfoque optimiza la gestión ganadera para decisiones estratégicas en tiempo real.

Figura 1: Integración tecnológica en ganadería de precisión



Fuente: (Garro & Tallarico, 2022)

Estos datos, generados en tiempo real, se transfieren automáticamente a servidores de internet, donde se sistematizan y almacenan. Este proceso, respaldado por tecnologías innovadoras como la inteligencia artificial, el blockchain y el Internet de las cosas (IoT), permite una integración eficiente y proporciona datos específicos de manera oportuna. Así, se logra una gestión ganadera más precisa y estratégica, facilitando la toma de decisiones informada para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la producción.

Fundamentos de la tecnología blockchain

La tecnología blockchain, en la actualidad, se posiciona como una tecnología segura en constante crecimiento, con diversas aplicaciones. Emerge como un fenómeno que ha captado la atención de investigadores en diversos campos y posee el potencial para convertirse en el nuevo motor de crecimiento en la economía digital (Crosby et al., 2016).

La idea de Blockchain surgió en 1991 a través del trabajo de Stuart Haber y W. Scott Stornetta, quienes visualizaron una tecnología capaz de interactuar de una manera "peer-to-peer", intercambiando información de forma directa sin depender de una autoridad centralizada (Satpal, 2022). Sin embargo, no fue hasta el año 2008 que se consolidó lo que hoy conocemos como tecnología Blockchain, con la publicación del libro blanco 'Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System' por parte de la presunta figura, o figuras, pseudónima Satoshi Nakamoto. La definición más aceptada es que consiste en un libro mayor digital abierto, compartido, descentralizado y distribuido (es decir, un registro de todas las transacciones) en el cual se registran y añaden en orden cronológico transacciones y datos relacionados con las partes involucradas, con el objetivo de crear registros permanentes e invulnerables a la manipulación (Nakamoto, 2008).

En poco más de dos meses después de la publicación del libro blanco, la red Bitcoin se puso en funcionamiento. El lanzamiento de la criptomoneda Bitcoin demostró que era técnicamente viable crear un libro digital contable en el que un activo, como los tokens de bitcoin, pudiera transferirse entre partes a nivel mundial, y al mismo tiempo, dicho libro contable es mantenido por miles de actores distintos, conocidos como "nodos"(Tholen et al., 2019). Blockchain se clasifica dentro de las tecnologías de registros distribuidos (DLT), que provienen del término en inglés "Distributed Ledger Technologies". Esto hace referencia a que la Blockchain es una base de datos en la cual la información no se almacena en una única fuente, sino que se basa en un registro distribuido, donde todos los nodos de una red poseen una copia idéntica de una base de datos que puede ser leída y modificada de forma independiente por cada nodo individual (Mercuri et al., 2021).

Bitcoin marcó un hito como la primera implementación práctica de este concepto. En la actualidad, la economía digital se sustenta en la confianza hacia entidades externas para salvaguardar la seguridad y privacidad de nuestros activos digitales. Nos vemos obligados a depender de terceros para validar la autenticidad de nuestras transacciones y comunicaciones en línea. Sin embargo, esta dependencia nos expone a vulnerabilidades significativas, ya que estas fuentes externas pueden ser susceptibles a hackeos, manipulaciones o compromisos de seguridad. La necesidad de una solución más segura y descentralizada se hace evidente en este contexto. Es aquí donde entra en juego la tecnología blockchain, permitiendo un consenso distribuido que verifica cada transacción en línea que involucra activos digitales en cualquier momento futuro. Este proceso se realiza sin comprometer la privacidad de los activos digitales ni de las partes involucradas. Hoy en día, el término 'criptomonedas' se emplea para describir todas las redes y medios de intercambio que utilizan criptografía para asegurar transacciones, a diferencia de los sistemas donde las transacciones se canalizan a través de una entidad centralizada de confianza. (Crosby et al., 2016).

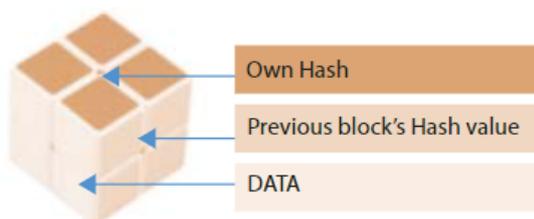
Arquitectura y funcionamiento

La tecnología blockchain se destaca entre las tecnologías DLT por su utilización de técnicas criptográficas para compartir datos en una "cadena de bloques", de donde deriva su nombre. Similar a un libro de contabilidad, es una colección de transacciones realizadas entre usuarios de una red. Cada transacción entre dos participantes se registra de forma permanente y estos registros reciben el nombre de "bloques", mientras que cada computadora u otro dispositivo utilizado para el procesamiento de la cadena de bloques se denomina "nodo" (Patelli, 2022).

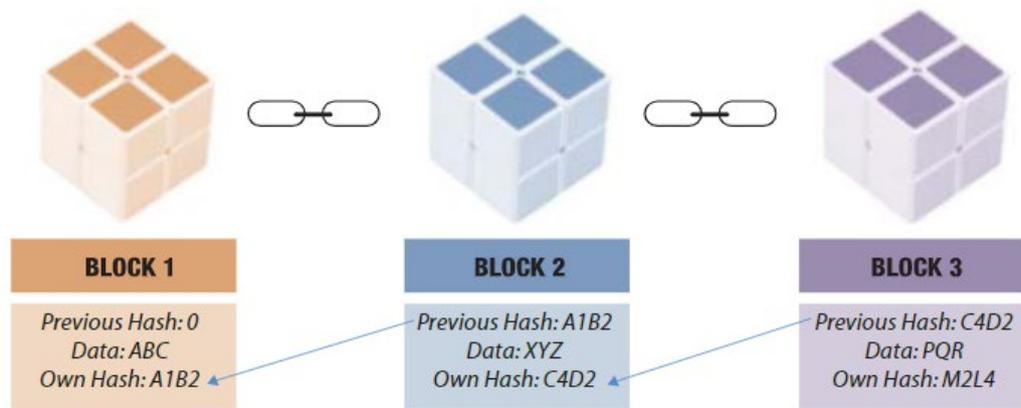
Blockchain funciona como una cadena de bloques interconectados, donde cada uno recopila un conjunto de transacciones. Para ilustrar, consideremos una transacción hipotética entre 2 personas, que podría representar el intercambio de dinero. La red blockchain valida esta transacción mediante un conjunto de reglas definidas como algoritmo de consenso, detallado en discusiones posteriores. Una vez validado, este intercambio de información se incluirá con otras transacciones en un "bloque" y se agregará a la "cadena". Este proceso asegura que cada bloque se cree y vincule de manera irrefutable al anterior, garantizando la inmutabilidad de la cadena y haciendo que sea imposible modificarla. Las transacciones se comparten y sincronizan constantemente entre todos los nodos de la red. Cada participante tiene una copia de la cadena de bloques que se sincronizará cada vez que se agregue un nuevo bloque (Nicola & Trabucchi, 2021).

Cada bloque contiene datos (cualquier cosa de valor), su propio hash (un valor criptográfico único que incluye caracteres y números generados mediante un algoritmo computacional complejo) y un hash del bloque anterior (Sylvester, 2019). El atributo de "huella digital" representa el identificador único de cada bloque en la arquitectura de la cadena de bloques. Para implementar la criptografía en cualquier fuente de datos digital, se utiliza comúnmente el algoritmo SHA256, desarrollado por la Agencia de Seguridad Nacional (NSA). Este algoritmo, que significa Secure Hash Algorithm, es de orden unidireccional, lo que hace prácticamente imposible cualquier intento de descifrado debido a la naturaleza de la función hash (Demestichas et al., 2020).

Figura 4: Representación de blockchain



Example:
SHA-256 hash of the word **FAO**:
`dbf99f2954da9cfa1a9e74fb65736ce6baec9
7c00ce6a401c3556434c9725500`



Fuente: (Sylvester, 2019)

La esencia de la tecnología blockchain reside en la formación de una cadena de bloques, donde cada bloque de transacciones se conecta de manera única a los bloques vecinos mediante técnicas criptográficas. Esta conexión matemática asegura la inmutabilidad de los registros, generando una estructura sólida y segura. Cada bloque incorpora información valiosa, junto con su propio valor hash único y un enlace al hash del bloque anterior. Esta relación matemática impide la alteración de la información en un bloque sin afectar a todos los bloques. Cualquier modificación crearía una discrepancia, detectable por otros. Este nivel de seguridad garantiza la integridad y confiabilidad de los datos almacenados en la cadena de bloques (Kshetri, 2022).

La interacción entre las computadoras se facilita mediante un software diseñado específicamente para lograr que las computadoras acuerden (o alcancen un consenso) sobre qué datos agregar y almacenar en la base de datos (Kshetri, 2022). Un algoritmo de consenso se puede definir como un mecanismo a través del cual una red blockchain alcanza un consenso (Demestichas et al., 2020).

En palabras de Sylvester (2019), el algoritmo de consenso es esencial para la creación de nuevos bloques. Entre los modelos más debatidos, se encuentran el proof-of-work (PoW) y el proof-of-stake (PoS). En el caso del PoW, un nodo obtiene el derecho de publicar un bloque al resolver un complejo problema computacional, conocido como "minado". Este proceso, aunque eficaz, es intensivo en tiempo y energía. Alternativamente, el PoS elimina estos aspectos al requerir que un nodo apueste una cantidad de activos digitales para ser el creador del próximo bloque. Sin embargo, el PoS presenta la desventaja de que nodos con mayores recursos pueden tener más influencia. Por último, el Delegated PoS (DPoS) permite a los nodos votar para elegir delegados que realicen la validación en su nombre. Cada algoritmo tiene sus propias características en cuanto a incentivos, requisitos y costos energéticos.

Además de los mencionados, existen otros mecanismos de consenso, como Proof of Elapsed Time (PoET), Byzantine Fault Tolerance (BFT), Proof of Authority (PoA), Stellar Consensus Protocol, Ripple, Raft, Proof of Burn, Proof of Personhood, entre otros. Respecto a plataformas blockchain, Ethereum y Hyperledger destacan como las más populares experimentadas o implementadas en la cadena de suministro de alimentos. A lo largo del tiempo, desde 2015 hasta

2020, la blockchain de Hyperledger tomó la delantera sobre Ethereum (Patel et al., 2023).

Tipos de blockchain

En el amplio espectro de las blockchains, se distinguen tres categorías fundamentales, cada una con sus propias características distintivas, ofreciendo una variedad de opciones para adaptarse a diferentes escenarios.

En primer lugar, las blockchains públicas se erigen como plataformas abiertas para todos, permitiendo la participación universal y la transparencia completa. Ejemplos destacados de esta categoría incluyen Bitcoin y Ethereum, esta última ilustrando la transparencia y la capacidad de descubrimiento de nodos en un entorno público (Mercuri et al., 2021).

Por otro lado, las blockchains privadas o permissionadas adoptan una perspectiva más restrictiva. Requieren autorización para acceder, y esta autorización debe ser otorgada por una entidad de control. Hyperledger Fabric, un sistema modular de blockchain, es un ejemplo representativo de blockchain privado, diseñado para aplicaciones específicas como la gestión de la cadena de suministro (SCM), aunque con la posible vulnerabilidad a ciberataques debido a su centralización (Kshetri, 2022).

Finalmente, las blockchains híbridas fusionan lo mejor de ambos mundos. Operan mediante cadenas permissionadas para transacciones internas y se conectan a blockchains públicos a través de interfaces de programación de aplicaciones (API). Este enfoque permite una participación más amplia en transacciones específicas mientras mantiene la privacidad en otros aspectos. Las blockchains de consorcio, consideradas una forma de híbrida, se caracterizan por ser gobernados por un grupo en lugar de una entidad única, otorgando diversos privilegios a los nodos en la red (Kshetri, 2022).

Además de estas categorías, surge el concepto de Blockchain-as-a-Service (BaaS), donde las empresas pueden compartir infraestructuras blockchain existentes mediante tarifas mensuales o anuales. Soluciones BaaS, como las ofrecidas por SAP y Oracle, permiten la integración de sistemas ERP con redes blockchain, especialmente en casos de gestión de la cadena de suministro y verificación de la procedencia de productos (Handforth Calum et al., 2021).

En cuanto al control de acceso, los blockchains públicos siguen principios democráticos sin restricciones, los privados son gestionados por una entidad centralizada con acceso restringido, y los de consorcio se sitúan en un punto intermedio con múltiples actores operando nodos y compartiendo la administración de la red (Sylvester, 2019; Dos Santos et al., 2021; Handforth Calum et al., 2021).

Esta diversidad de modelos brinda a las organizaciones la flexibilidad para seleccionar la estructura que mejor se adapte a sus necesidades, considerando factores como transparencia, privacidad y eficiencia en la gestión de la cadena de bloques (Patel et al., 2023).

Contratos Inteligentes, Integración de IoT y Oráculos

La innovadora tecnología blockchain, elogiada por su capacidad para superar desafíos normativos y técnicos, ha introducido un concepto revolucionario conocido como "contratos inteligentes". Crosby et al. (2016) resaltan estos programas informáticos que automatizan la ejecución de términos contractuales, garantizando pagos transparentes cuando se cumplen condiciones predefinidas. Ethereum se destaca como pionero en este ámbito al proporcionar un sistema basado en contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas, apoyando la visión inicial de Nick Szabo en 1995 sobre contratos completamente digitales (Demestichas et al., 2020). Las DApps (aplicaciones descentralizadas), tienen la capacidad de acceder y utilizar datos establecidos por los contratos inteligentes en Ethereum. Este enfoque permite a los desarrolladores ejercer flexibilidad al definir reglas para la propiedad, el formato de transacciones y otros aspectos (Kshetri, 2022).

La esencia "inteligente" de estos contratos, como explica Sylvester (2019), reside en su capacidad para evaluar cláusulas y ejecutar código sin intervención humana, activándose automáticamente al cumplirse condiciones preestablecidas. Este enfoque promete eficiencia y confiabilidad en la gestión contractual.

En el marco de las cadenas de suministro, Kshetri (2022) destaca la aplicación disruptiva de los contratos inteligentes. Estos no solo garantizan el cumplimiento, sino que también permiten la automatización del seguimiento de productos, la determinación automática de derechos de propiedad y la liberación automatizada de pagos al concluir entregas. La integración de contratos inteligentes en blockchain se revela como una transformación significativa en la gestión contractual, ofreciendo eficiencia y transparencia en diversas industrias.

La integración de contratos inteligentes con dispositivos IoT y la relevancia de los oráculos en este contexto son aspectos cruciales para la eficiencia y confiabilidad de las cadenas de suministro agroalimentarias. El IoT, al permitir la certificación automática de eventos sin intervención humana, se convierte en un elemento esencial en la implementación de contratos inteligentes (Mercuri et al., 2021). Este enfoque se vuelve aún más crucial en cadenas de suministro donde la confianza entre actores puede ser un desafío, brindando un sistema seguro para el control y la gestión. Patelli (2022) destaca que los dispositivos IoT respaldan la certificación de eventos automáticos, proporcionando una capa adicional de confianza.

La rápida evolución de la tecnología IoT y sensores ha transformado la recopilación de datos, ofreciendo métodos rápidos y confiables para respaldar la implementación de contratos inteligentes (Demestichas et al., 2020). Además, la conexión entre hardware y software a través de oráculos, como señala Sylvester (2019), se vuelve crucial para permitir que la cadena de bloques acceda a datos externos. Los oráculos, que pueden ser hardware, software o basados en consenso, actúan como intermediarios confiables para facilitar flujos de datos hacia y desde la cadena de bloques.

Handforth Calum et al. (2021) subrayan la viabilidad de blockchain en las cadenas de suministro agroalimentarias, especialmente cuando se combina con oráculos conectados a través de IoT. Estos oráculos actúan como el vínculo esencial entre el mundo físico y la cadena de bloques, recuperando información para la ejecución

de contratos inteligentes. Esta conexión proporciona una capa de seguridad y confianza en la integridad de los datos que ingresan y salen de la cadena de bloques.

En el sector agropecuario, la combinación de blockchain con IoT, como sensores, permite la monitorización en tiempo real de indicadores clave, desde la salud del ganado hasta la calidad del suelo (Castillo Leska et al., 2022). Esta integración no solo optimiza la producción y distribución de alimentos, sino que también permite la toma de decisiones tempranas para mitigar riesgos y garantizar la calidad del producto.

En resumen, la convergencia de contratos inteligentes, IoT y oráculos en el contexto de las cadenas de suministro agroalimentarias ofrece una solución integral para mejorar la eficiencia, transparencia y confiabilidad en la gestión de datos y eventos a lo largo de la cadena de producción y distribución.

Tokenización de activos

La tokenización en el ámbito de la tecnología blockchain representa un cambio de paradigma al convertir activos físicos en representaciones digitales, conocidas como tokens. Este proceso, según Kim et al. (2018), implica la creación de una representación digital de un activo físico mediante el uso de tokens no fungibles (NFTs), específicamente el estándar ERC-721. Estos NFTs únicos poseen identificadores exclusivos, permitiendo un seguimiento preciso de activos, como el ganado, a lo largo de la cadena de suministro.

La tokenización, además de su aplicación en activos tangibles, se extiende a derechos y propiedades. En este proceso, la distinción entre tokens fungibles y no fungibles es crucial, según Dos Santos et al. (2021). Mientras que los tokens fungibles son intercambiables y representan activos de igual valor, los NFTs son únicos y no pueden intercambiarse directamente. Esta diferencia es esencial para evitar posibles usos fraudulentos de los tokens, especialmente en el contexto de la representación precisa de propiedades únicas de ciertos productos.

Handforth Calum et al. (2021) aportan una perspectiva adicional, destacando cómo la tokenización ofrece beneficios significativos en la cadena de suministro agroalimentaria. La capacidad de fragmentar la propiedad mediante tokens permite transacciones fraccionadas sobre activos, como el ganado, brindando a los productores ingresos constantes y reduciendo la dependencia estacional. Este enfoque innovador permite una mayor liquidez de los activos, una reducción de la volatilidad financiera y una mayor accesibilidad a inversiones en el sector agroalimentario.

Dos Santos et al. (2021) también introducen el concepto de "Consumer Valued Properties", Tokens en productos agroalimentarios, proporcionando un caso de estudio interesante. Estos tokens permiten a los consumidores verificar propiedades específicas, como la ausencia de modificaciones genéticas o cultivos orgánicos, brindando un nivel más alto de confianza del consumidor y transparencia en la cadena de suministro. Este enfoque no solo fortalece la relación entre productores y consumidores, sino que también fomenta prácticas agrícolas sostenibles y éticas.

En resumen, la tokenización se revela como un componente esencial para la representación digital de activos en la cadena de bloques, con diversas aplicaciones y beneficios en la gestión de activos en la era digital. La inclusión de las ideas de cada autor destaca la versatilidad y el impacto innovador de la tokenización en la transformación digital de varios sectores. Este fenómeno no solo redefine la propiedad y la representación de activos, sino que también redefine las interacciones económicas y la confianza en las transacciones en un mundo cada vez más digitalizado.

Papel de la blockchain en las cadenas de suministro modernas

En el mundo empresarial contemporáneo, las cadenas de suministro son esenciales para la entrega eficiente de productos y servicios a los consumidores finales. Sin embargo, estas redes complejas enfrentan desafíos como la falta de confianza entre los agentes, la seguridad y el fraude. Con el advenimiento de la revolución industrial 4.0, las tecnologías emergentes están transformando las cadenas de suministro para que sean más eficientes en términos de costo, calidad, velocidad, sostenibilidad y flexibilidad.

Para alcanzar estos objetivos, es crucial mantener un seguimiento y control eficiente a lo largo de toda la cadena. A menudo se subestima el valor de los datos en este proceso. Uno de los aspectos más destacados de la blockchain es su capacidad para garantizar la inmutabilidad y la transparencia de la información. Bacchetta et al. (2021) señalan que la blockchain crea documentos digitales únicos cuya manipulación puede ser detectada de inmediato por participantes independientes. Esta característica es esencial para crear transparencia dentro de cadenas de suministro complejas, donde la colaboración entre múltiples niveles de actores es desafiante debido a la falta de conocimiento o confianza entre los mismos.

La implementación de tecnología de registro distribuido (DLT) en las cadenas de suministro agropecuarias, como señalan Tripoli & Schmidhuber (2018), proporciona una base digital para registrar, rastrear y transaccionar activos físicos y digitales. Cada transacción en el DLT puede llevar detalles específicos y atributos del producto, lo que facilita la identificación y examen del movimiento del producto en cada paso de la cadena. Esta transparencia en la información beneficia tanto a productores como a consumidores, según Xiong et al. (2020), al aumentar la competitividad de los productores al proporcionar información transparente sobre los productos, y fortalecer la confianza del consumidor al ofrecer datos veraces sobre la procedencia y el proceso de producción de los alimentos.

La implementación de tecnología de registro distribuido (DLT) en cadenas de suministro proporciona una base digital que registra, rastrea, monitorea y transacciona activos físicos y digitales. Cada transacción procesada en el DLT puede llevar detalles específicos y atributos del producto, lo que permite a los actores de la cadena identificar y examinar el movimiento del producto en cada paso. Esto garantiza registros inmutables y transparentes, facilitando el seguimiento de la procedencia y autenticidad de los productos agropecuarios (Tripoli & Schmidhuber, 2018).

Por otro lado, S. Green & Flanagan (2018) resaltan cómo la blockchain puede mejorar la logística y la distribución de productos agropecuarios, fortaleciendo la

trazabilidad y la certificación al proporcionar información detallada sobre el origen y el proceso de producción de estos. En situaciones de crisis alimentarias, como el brote de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE), la capacidad de rastrear los productos terminados hasta su origen es inmensamente útil y podría salvar vidas humanas, además de ahorrar tiempo y dinero. Según Xiong et al. (2020), esta transparencia en la información beneficia tanto a productores como a consumidores al aumentar la competitividad de los productores al proporcionar información transparente sobre los productos, y fortalecer la confianza del consumidor al ofrecer datos veraces sobre la procedencia y el proceso de producción de los alimentos que eligen consumir.

Tanto Patel et al. (2023) como Addison et al. (2019) resaltan que la implementación de tecnología blockchain junto con contratos inteligentes asegura la integridad de los datos y promueve la transparencia en la cadena de suministro, mejorando así la seguridad alimentaria y la confianza del consumidor. Además, destacan cómo la blockchain ofrece trazabilidad en tiempo real, agiliza las transacciones y reduce la huella de carbono al minimizar los retornos de productos. En particular, enfatizan la importancia de los contratos inteligentes para eliminar el fraude y los errores, proporcionando un entorno seguro para los datos y promoviendo relaciones más equitativas entre productores y consumidores.

La incorporación de tecnología blockchain no solo mejora la transparencia y la trazabilidad, sino que también puede llegar a reducir los costos administrativos internos al disminuir la necesidad de procesos manuales y papeleo. Esta eficiencia operativa se traduce en una reducción del tiempo de llegada al mercado y una toma de decisiones más rápida y precisa (Dalton et al., 2018).

Adicionalmente, otro papel que desempeña la Blockchain en las cadenas de suministro modernas, es en el procesamiento automático de flujos de datos que permitirá la transformación digital y automatización de procesos mediante el uso de otras tecnologías como IoT (internet de las cosas), inteligencia artificial, robotización, entre otras.

Casos de uso en cadenas de suministro agropecuarias

La tecnología blockchain está emergiendo como un catalizador revolucionario en las cadenas de suministro de diversas industrias. El uso más común de la tecnología blockchain en las cadenas de suministro agropecuarias, es mejorar la trazabilidad. Permite a las empresas rastrear rápidamente productos inseguros hasta su origen y ver dónde más han sido distribuidos. Esto puede prevenir enfermedades y salvar vidas, además de reducir el costo de los retiros de productos, comúnmente conocido como "recall".

Para tener un panorama del potencial y alcance que tiene la tecnología blockchain en cadenas de suministro modernas, veremos algunos casos de uso desarrollados en el transcurso de los últimos años en la industria de alimentos. Varios actores clave, incluyendo empresas líderes, accionistas y entidades académicas, han colaborado en proyectos que han demostrado el potencial transformador de esta tecnología.

Entre las iniciativas destacadas se encuentra IBM Food Trust. Es un proyecto de trazabilidad alimentaria que conecta a productores, procesadores, distribuidores y minoristas a través de un sistema de datos alimentarios compartido, permanente y con permisos. Este sistema ha crecido hasta convertirse en un consorcio global que incluye empresas como Walmart, Dole, Driscoll's, Kroger, Nestlé, Tyson y Unilever (Addison et al., 2019).

El software de IBM se basa en la blockchain Hyperledger Fabric, que admite una arquitectura modular y componentes de tipo “plug-and-play”, como servicios de consenso y de membresía. Esto permite tanto la captura eficiente de datos como el control de estos. Los registros incluyen auditorías, tratamientos agrícolas, números de identificación, fabricantes, actualizaciones de dispositivos disponibles, problemas de seguridad conocidos, permisos otorgados y protocolos de seguridad, todos registrados en tiempo real y almacenados permanentemente como certificados electrónicos. (Kamath, 2018).

Walmart y Kroger fueron pioneras en la incorporación de blockchain en sus cadenas de suministro con intención de abordar rápidamente cualquier caso de contaminación. En octubre de 2016, Walmart junto a Tsinghua University e IBM completaron con éxito los dos primeros pilotos; uno para la carne de cerdo en China y otro para los mangos en las Américas (Addison et al., 2019). Estos pilotos buscaban investigar los métodos de aplicación práctica y los beneficios de la tecnología blockchain en la cadena de suministro de alimentos (Xiong et al., 2020).

La trazabilidad aplicada por Walmart en la cadena de suministro de carne de cerdo es altamente detallada y tecnológicamente avanzada. Comienza en las instalaciones donde cada cerdo es etiquetado con códigos de barras inteligentes, lo que permite seguir el producto desde el galpón en el campo hasta su empaquetado final. Se utilizan tecnologías como RFID y cámaras para registrar el movimiento de los cerdos, y en el transporte, los camiones están equipados con sensores para asegurar las condiciones óptimas de transporte. Estos detalles se registran en un certificado electrónico vinculado al producto mediante un código QR (Kamath, 2018).

Nestlé ha lanzado una línea de café en Suecia, certificada por Rainforest Alliance y rastreable mediante blockchain, utilizando IBM Food Trust. Esta iniciativa permite a los consumidores seguir el camino del café desde su origen hasta el producto final, garantizando transparencia y sostenibilidad. Además, Nestlé ha ampliado el uso de blockchain en otros productos, como puré Mousline y fórmula infantil, para comunicar abiertamente datos de sostenibilidad. Estos esfuerzos reflejan el compromiso de Nestlé con la transparencia y la mejora de la cadena de suministro.

Una de las ilustraciones más impactantes de la eficacia de la tecnología blockchain en la trazabilidad de alimentos se evidenció durante un brote de E. coli en lechuga romana en 2018. Tomó siete días rastrear la fuente de los alimentos utilizando métodos tradicionales, mientras que con blockchain, este tiempo se redujo drásticamente a solo 2.2 segundos, gracias a la implementación de IBM Food Trust (Addison et al., 2019).

Provenance es otro de los ejemplos de proyectos que promueven un sistema de trazabilidad basado en blockchain, ofreciendo transparencia tanto para empresas alimentarias como de indumentaria, permitiendo a los clientes no solo conocer el origen de la comida o nueva campera, sino también confirmar que las personas que ayudaron a fabricar el producto fueron compensadas de manera justa y que se produjo de manera responsable con el medio ambiente. De acuerdo con Demestichas et al. (2020), han desarrollado una iniciativa centrada en productos pesqueros. En este sistema, cada producto pesquero recibe una identificación única que contiene información detallada sobre el pescado, su empaque, transporte y condiciones de almacenamiento. Este sistema busca reducir costos de certificación duplicados y proporcionar información confiable a los consumidores.

Siguiendo los pasos de IBM Food Trust y Provenance, la famosa línea de supermercados francesa, Carrefour, anunció en 2018 un plan para adoptar blockchain a la trazabilidad alimentaria para sus propios productos de marca Filiere Qualite Carrefour (FQC), como el salmón, los huevos, el tomate, el pollo, la leche fresca, el queso, entre otros (Patel et al., 2023).

Otro ejemplo notable es el de Argyle Foods Group, una prominente empresa ganadera australiana que identificó la importancia de establecer transparencia y confianza en la cadena de suministro alimentaria actual. En 2020, el grupo se asoció con KPMG Origins, una plataforma basada en blockchain, para iniciar un piloto de 6 meses con el objetivo de asegurar la procedencia y trazabilidad completa en su cadena de valor de carne bovina. El piloto de seis meses se centra en una línea de productos para un cliente específico (Carrefour) para garantizar que los objetivos del piloto sean claros y alcanzables. Argyle completó con éxito los objetivos del proyecto al lanzar más de 30 productos de carne y asegurar seis gamas de productos para clientes en China, distribuidos en más de 400 tiendas (Moore & Graham, 2021). Este caso de uso tiene muchas similitudes con Carnes Validadas, del cual hablaremos en detalle más adelante.

Descripción general de la industria ganadera en Argentina

Durante las últimas dos décadas, la producción de carne a nivel mundial ha experimentado un aumento significativo, con un notable incremento del 11% en la producción de carne bovina. Asimismo, el comercio internacional de carne ha mantenido una tendencia al alza en términos de volumen, y dentro de este contexto, la carne bovina se posiciona como la tercera en participación, representando el 31,5% del volumen total comercializado. Se espera que esta demanda continúe en aumento, especialmente por parte de países latinoamericanos y asiáticos con clases medias en crecimiento (Ministerio de Agricultura, 2021).

De acuerdo con los datos proporcionados por el Departamento de Agricultura de la ONU, la producción global de carne de vacuno en 2022 alcanzó un total de 72 millones de toneladas, consolidándose como uno de los tipos de carne más relevantes a nivel mundial, solo por detrás de la carne de cerdo y aves. Estados Unidos se destacó como el principal productor de carne bovina, registrando una producción total de 12.9 millones de toneladas para ese año. Brasil ocupó el

segundo lugar con 10.3 millones de toneladas, consolidándose como el segundo mayor productor a nivel mundial. China, la Unión Europea e India se ubicaron en tercer, cuarto y quinto lugar, respectivamente, con producciones de 7.2, 6.7 y 4.3 millones de toneladas. Argentina, por su parte, se posicionó en el sexto lugar del ranking mundial, con una producción total de 3.1 millones de toneladas.

La industria ganadera en Argentina desempeña un papel crucial en su economía, con la producción de carne bovina representando aproximadamente el 35%-40% del Producto Bruto Agropecuario Nacional (Rearte, 2007). El complejo de ganado y carne vacuna abarca desde los eslabones productivos primarios dedicados a la cría y producción de animales con cierto contenido genético, hasta la etapa de comercialización del producto final del complejo, que incluye la carne vacuna y sus derivados (Guzmán et al., 2021). El sector productivo es el de mayor importancia para el país debido a su contribución al PBI, la generación de empleo y los significativos ingresos de divisas por exportaciones al mercado internacional (Callegaris, 2017).

Un importante punto para tener en cuenta es la presencia de ciclos ganaderos, caracterizados por periodos de retención y liquidación del ganado, junto con diversas políticas estatales, las cuales impactan a los participantes de la cadena de producción. Las propuestas políticas se enfocan en la adopción de sistemas de producción más eficientes para poder competir en un mercado externo cada vez más riguroso y competitivo (García & Villa, 2023). Históricamente, Argentina ha sido reconocida como un importante productor y exportador de carne vacuna, gracias a las favorables condiciones naturales del país que lo posicionan como líder en la producción ganadera (INECO, 2023). La calidad del producto y los altos estándares técnicos de la industria cárnica han perdurado hasta la actualidad, a pesar de los cambios políticos y económicos (Aráoz, 2004).

Identificación de los actores de la cadena

La cadena ganadera y de carnes bovina abarca todos los verticales de actividades, que van desde la producción en los establecimientos productivos, pasando por el procesamiento, hasta la distribución mayorista y minorista. En pocas palabras, engloba el proceso completo desde el campo hasta la mesa, independientemente de cómo esté estructurada en cada empresa o negocio en particular.

Como eslabón inicial se encuentran las cabañas, quienes se dedican a la producción y selección de animales reproductores de alta calidad genética. Los cabañeros son productores cuya labor consiste en alcanzar una genética superior de reproductores de acuerdo con la raza y el propósito de esta. Comercializa animales en pie (machos o hembras), semen congelado para la inseminación directa en los establecimientos de cría. Algunos también alquilan toros.

La cría es considerada como la primera actividad de la cadena y tiene como objetivo principal la producción de terneros. El plantel bovino está conformado por animales cuyos destinos son los de reproducción (toros, vacas, vaquillonas) y producto final inmediato (terneros y terneras) destinados a engorde. Esta actividad suele requerir menos pasturas en comparación con la etapa de invernada, lo que

lleva a que la mayoría de los establecimientos estén ubicados en zonas que por la tipología del suelo o por su clima son marginales a la agricultura extensiva y no cuentan con suficiente disponibilidad y calidad de pastos para engordar y “terminar” la hacienda. El correcto manejo de la oferta forrajera a lo largo del año es determinante en los resultados alcanzados por la actividad, ya que los animales son criados principalmente a campo natural. La cuenca del salado es el territorio argentino con mayor concentración de establecimientos de cría.

En la Argentina, a diferencia de los Estados Unidos no existe la figura del recriador, donde los stockers son los encargados de llevar a los animales destetados (240kg/250kg de peso vivo) hasta los 400 kg para su terminación en feedlots (Callegaris, 2017). Los terneros/as destetados pueden engordarse en los mismos establecimientos de cría (ciclo completo) o en establecimientos específicos de invernada (engorde a pasto con suplementación) y/o en feedlots (engorde en confinamiento con alimento balanceado). Es importante señalar que el proceso de engorde, que comienza en establecimientos de invernada o de ciclo completo, puede culminar con el traslado del ganado a feedlots durante la etapa final de aumento de peso. Esta decisión suele depender de las rentabilidades relativas en relación con el precio de los principales commodities, como el maíz.

Para campos de invernada suelen utilizarse suelos de aptitud agrícola-ganadera, capaces de ofrecer pasturas en cantidad y con alto valor energético. Este tipo de tierras se encuentran principalmente al oeste de la provincia de Buenos Aires, Centro Sur de Santa Fe, este de La Pampa y Sur de Entre Ríos.

Los feedloteros se dedican a engordar animales en un entorno de confinamiento total, proporcionando una dieta equilibrada y supervisando de cerca la salud y la nutrición de los animales. En estos establecimientos, se introducen terneros para su engorde y finalización, así como animales que han sido criados a pasto y se terminan en confinamiento. El principal objetivo es maximizar la ganancia de peso en el menor tiempo posible y al menor costo, lo que implica optimizar la eficiencia de conversión, es decir, obtener la mayor cantidad de carne con la menor cantidad de alimento.

El producto final de la producción primaria es el animal destinado a faena en sus diversas tipologías según el destino posterior. Las transacciones son realizadas en valor por kg. vivo. Con la faena del animal comienza la fase industrial, actividad que se realiza en frigoríficos o mataderos provinciales y municipales. De ahí se obtienen dos medias reses, trozos y otros productos y subproductos derivados. La industria transformadora ha dado lugar a una serie de categorizaciones desde dos perspectivas: Una asociada al tipo de actividad que desarrollan y otra al estándar sanitario y destinos que manejan (mercado interno y/o exportación).

En el primero de los casos se establecen las siguientes categorías: Plantas de Ciclo I, aquellas que cuentan con instalaciones para la faena y cámara de frío; Plantas de Ciclo II, se encargan del despostado de la media res con el proceso posterior de destino a consumo o industrialización; Plantas de Ciclo completo, quienes realizan tanto las actividades de matanza como las de posterior despostado e incluso otros procesos industriales (Bisang, 2003; Guzmán et al., 2021).

En el segundo de los casos, donde las exigencias sanitarias son los parámetros de corte y que por lo general se asocian con los requerimientos de los compradores del exterior, las plantas se clasifican de la siguiente manera: Frigoríficos A, que cumplen con las máximas exigencias sanitarias y se enfocan principalmente en la exportación, con habilitación para comercializar a la U.E.; Frigoríficos B, destinados al mercado interno con restricciones sanitarias menores, aunque pueden exportar eventualmente a destinos menos exigentes; y Frigoríficos C, habilitados a nivel provincial y con problemas sanitarios significativos. Además, existen mataderos locales que faenan animales para el consumo local y se vinculan con las carnicerías locales (Bisang, 2003).

En la etapa industrial también se encuentran los matarifes, intermediarios cuya actividad está dedicada a la compra de hacienda para luego subalquilar los servicios de faena a las plantas frigoríficos o mataderos, vendiendo posteriormente la mercadería en forma directa a comercios mayoristas o minoristas. Además, existen la figura del consignatario, intermediario entre los eslabones primarios sobre la compra-venta de animales en pie, cobrando las respectivas comisiones.

En cuanto a los canales de comercialización, se puede dar de forma directa entre actores, mediante intermediarios, ferias, remate, remates televisados, etc. Respecto a la comercialización con destino a faena, en el país existen tres mercados concentradores: Mercado de Cañuelas (ex Liniers), Mercado de Córdoba y Mercado de Rosario. El primero de ellos es el más importante y se presenta como formador de precios de referencia para todo el país.

Además, hay una variedad de profesionales que proveen insumos u ofrecen servicios y están estrechamente vinculados a la actividad agropecuaria. Entre ellos, el veterinario desempeña un papel crucial en la cadena de valor ganadera, encargado de diseñar un plan sanitario adaptado a las necesidades de cada productor que asesora, siguiendo las regulaciones establecidas por SENASA. La figura del médico veterinario también desempeña un papel crucial en el movimiento de tropas destinadas a faena, particularmente en los casos de despacho para la Unión Europea (UE). Mediante la Resolución SENASA 115/2002 se establece el "Registro de Profesionales Veterinarios habilitados para el predespacho a faena con destino a la UE", y se introduce un "Certificado Sanitario" para este propósito, controlado y completado por veterinarios registrados. En el caso de despachos para destinos distintos a la UE, se utilizan precintos y tres documentos: Tarjetas de Registro Individual de Tropa (TRI), Documentos para el Tránsito de Animales (DTA) y Guías de Traslado, regulados por la Resolución SENASA 15/2003. En los frigoríficos, el Servicio Veterinario Oficial se encarga de verificar la documentación y precintos a la llegada de las tropas destinadas a la exportación (Aráoz, 2004).

Previo al consumidor final y como últimos eslabones de la cadena de valor de la carne, se encuentran los canales al consumidor final como los hipermercados, supermercados, carnicerías y horeca (hoteles, restaurantes y cafeterías).

Mercados y consumidores

El mercado de carne bovina en Argentina ha experimentado una serie de cambios y tendencias en los últimos años. Según datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2021) pasó de ser el primer exportador mundial durante inicios del siglo XX, a ser el décimo en el ranking de exportadores mundiales, recuperando nuevamente el quinto puesto en 2019/2020. En 2022, Argentina cayó nuevamente una posición en el ranking alcanzando el 6° lugar con un 6% del comercio global. Fue desplazada por Nueva Zelanda, quien ocupó el 5° puesto y completan el top cinco de exportadores mundiales, Brasil, Australia, Estado Unidos e India (Paolilli et al., 2023).

A pesar de seguir siendo el país de mayor consumo de carne bovina con 51 kilos per cápita a nivel mundial, a lo largo de los últimos veintitrés años, se vio una tendencia decreciente en el consumo interno. Entre varias causas que pueden afectar al consumo de carne vacuna, el incremento de los precios y la pérdida de poder adquisitivo de los argentinos se encuentran entre las principales. Según datos de INECO (2023), En términos reales, y expandiendo el período de análisis a más de 15 años, el costo real de la carne vacuna ha aumentado por encima del pollo y del cerdo. Un kilo de carne vacuna cuesta un 434% más que hace 16 años, mientras que el cerdo se ha encarecido un 225% y el pollo un 264%.

El mercado interno sigue siendo responsable del consumo del grueso de la producción ganadera del país, siendo consumidores principalmente de carne de novillitos, vaquillonas y terneros, productos de alta calidad y precio competitivo en los llamados cortes populares principalmente (Callegaris, 2017). En cambio, la exportación de carne bovina desde Argentina implica adaptarse a requisitos específicos de los mercados externos, que difieren significativamente de los estándares locales. Esto incluye demandas por cortes específicos, requisitos de calidad, animales de mayor tamaño y peso de faena, instalaciones de faena acorde con las normativas del país importador, etc. A pesar de estas restricciones, los precios más elevados en los mercados internacionales representan un atractivo para la industria, lo que motiva a adaptarse a las normativas de los compradores para mantener la competitividad (Bisang, 2003).

En la actualidad, la exportación de carne argentina tiene como destinos principales a China, la Unión Europea, Chile e Israel, (Bula & Gonzalez, 2023). Entre los cortes de mayor calidad se encuentran los denominados cortes "Hilton", específicamente seleccionados del cuarto trasero y dirigidos al mercado europeo. La Cuota Hilton, por ejemplo, es un acuerdo que otorga a Argentina un límite anual para exportar carne vacuna de alta calidad sin incurrir en aranceles adicionales. Este tipo de cuotas, como también la "Cuota 481", representan una oportunidad estratégica para la industria cárnica argentina, ya que le permite acceder a mercados exigentes con estándares rigurosos de calidad y producción. La asignación de estas cuotas se basa en criterios competitivos, lo que motiva a los países habilitados a cumplir con estándares cada vez más altos para mantener su posición en estos mercados internacionales en constante evolución.

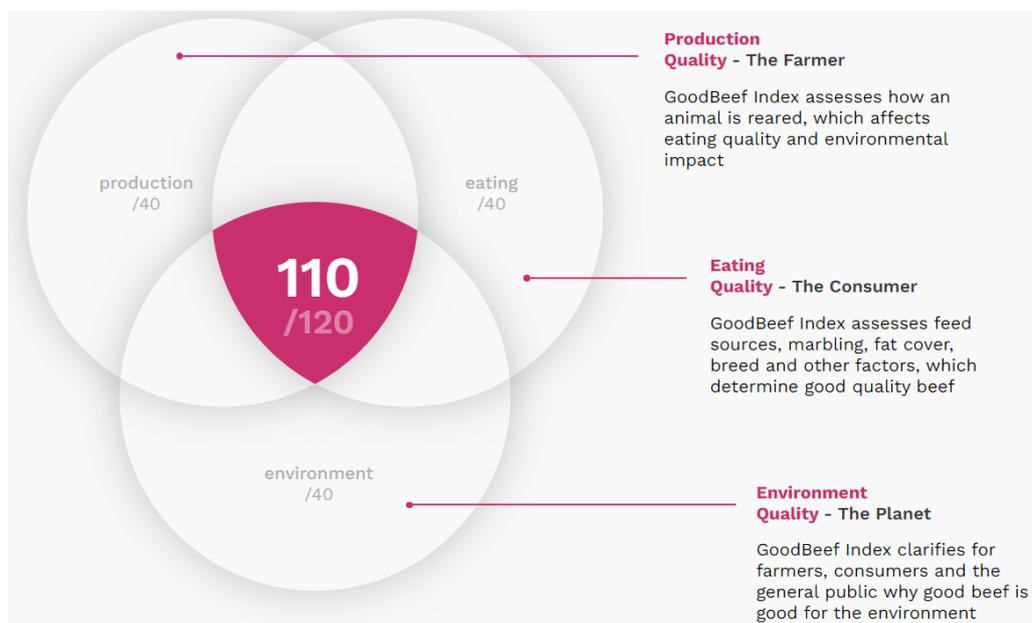
Los principales factores que influyen en la dinámica actual del mercado mundial de carnes incluyen restricciones sanitarias y comerciales, obstáculos técnicos al comercio, políticas productivas y el papel cambiante de los consumidores. Entre

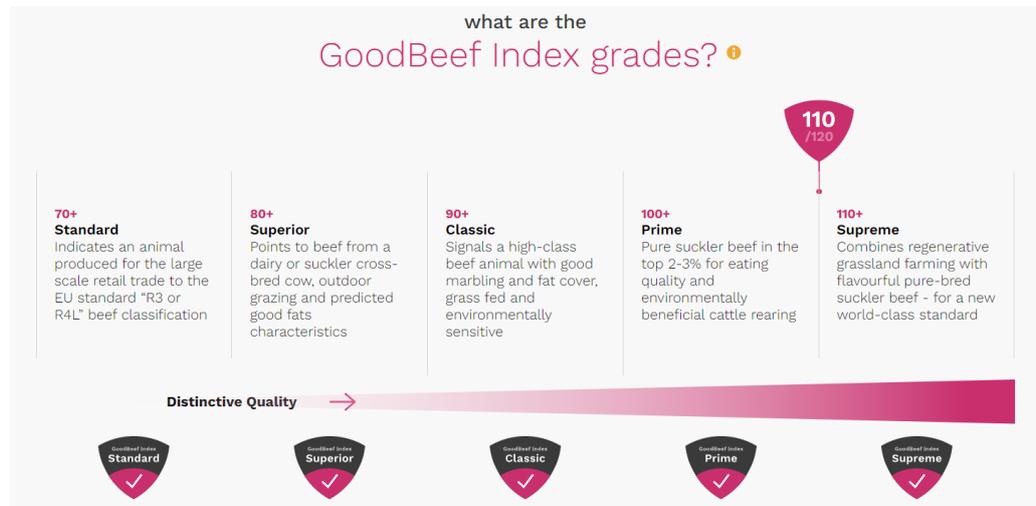
los consumidores, se observa un aumento en la demanda de productos con certificaciones medioambientales y sustentables, así como un mayor poder adquisitivo y demandas específicas, especialmente en el mercado asiático. Estos elementos definen el entorno competitivo y regulatorio en el que operan los actores de la industria cárnica a nivel global (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2021).

El consumidor de carne bovina ha experimentado una evolución significativa en sus preferencias y demandas a lo largo del tiempo. Esta transformación se refleja en la diversidad de necesidades que busca satisfacer, que van más allá de consideraciones puramente nutricionales e incluyen aspectos funcionales, sociales, culturales, étnicos y religiosos. Se identifican distintos perfiles de consumidores y canales de comercialización asociados a cada uno, desde el consumidor tradicional que valora la relación personal en la compra, hasta el consumidor digital que prefiere realizar compras en línea. En este contexto, resulta crucial para la industria cárnica comprender las expectativas y necesidades de cada segmento de consumidores, y adaptar sus estrategias de producción y comercialización para satisfacerlas. Esto implica no solo ofrecer productos de alta calidad, sino también considerar aspectos como el bienestar animal, las buenas prácticas pecuarias y la sostenibilidad ambiental, para responder a un consumidor cada vez más consciente y exigente.

Un claro ejemplo de cómo conectar a los productores con los consumidores es el trabajo realizado por “GoodBeef Index”, una empresa de Reino Unido. Los productores registran y califican a sus animales según una variedad de factores de calidad de producción, alimentación y medio ambiente. Luego, los consumidores acceden al Índice GoodBeef escaneando el código en el envase de la carne o ingresando el número único de pasaporte animal. Pueden ver la puntuación, las calificaciones, precios y verificar detalles.

Figura 5: Propuesta de medición de calidad





Fuente: <https://goodbeefindex.org/>

Cuestiones relacionadas al “saber qué es lo que estoy comiendo”, y la información sobre el producto se convierte en un valor per se, y en una cualidad buscada en los alimentos (Treboux, 2019). Según datos proporcionados por IBM, 52% de los consumidores dice que saber de dónde provienen los alimentos es muy importante o algo importante. En Estados Unidos, 63% de los encuestados dijo que pagaría hasta un 36 % más por productos producidos de forma responsable y de origen transparente.

La demanda de productos sostenibles por parte de los consumidores está impulsando cambios en la cadena de suministro. Este enfoque, conocido como abastecimiento sostenible, refleja la creciente preocupación del consumidor por la producción ética y responsable de alimentos (S. Green & Flanagan, 2018). Productos orgánicos, libres de hormonas y fitosanitarios, no GMO, están más presentes que nunca en etiquetas de alimentos. Sin embargo, los proveedores de alimentos rara vez están dispuestos a proporcionar evidencia de esas afirmaciones. En muchos casos, las afirmaciones no pueden ser respaldadas y deben entenderse como meros "lavados de imagen verde" o "green washing" (Dos Santos et al., 2021).

La conciencia sobre el cambio climático y la importancia de trabajar para revertirlo es una realidad cada vez más urgente. El sector agropecuario, como el mayor emisor de metano a nivel mundial, enfrenta desafíos significativos. Los productores ya sienten los impactos del cambio climático en sus vidas y medios de vida. Con las emisiones de metano en la atmósfera alcanzando niveles alarmantes, la proyección de un aumento del 40% en las emisiones para 2050 es preocupante. Este contexto, hay que impulsar a los consumidores a tomar conciencia de sus elecciones de consumo y su impacto ambiental (Urbancic, 2024).

La legislación de la UE, representada por el Reglamento (UE) 2023/1115 del Parlamento Europeo y del Consejo, marca un hito en la protección ambiental al exigir que los productos agroindustriales no ingresen a la Unión Europea si provienen de zonas deforestadas después del 31 de diciembre de 2020. Esto implica que los proveedores deben garantizar mediante una declaración de diligencia debida que el producto no provenga de tierras deforestadas. La carne vacuna, entre otros bienes, está sujeta a esta ley, lo que requiere una trazabilidad

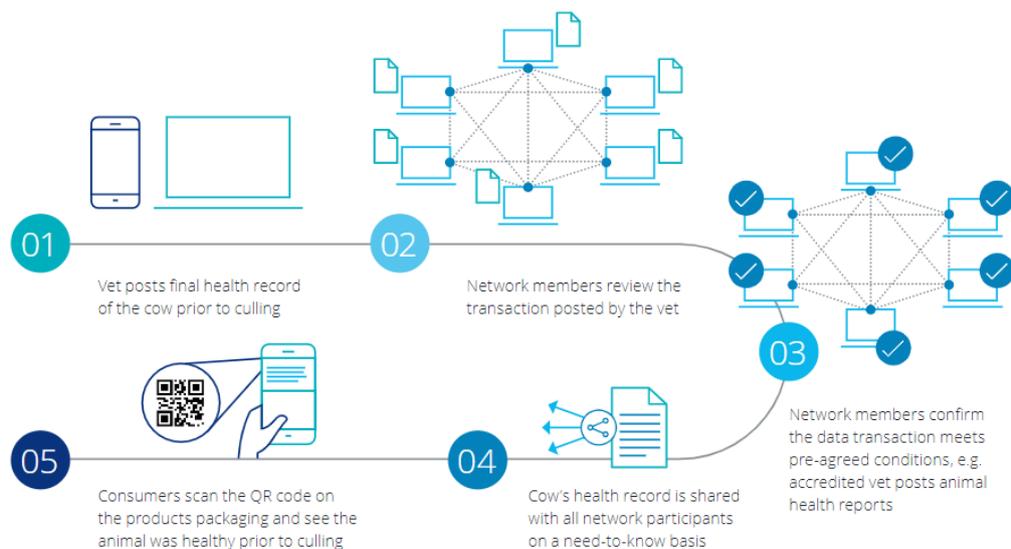
georreferenciada y certificación de ausencia de deforestación en todas las etapas del ciclo de vida del animal. Además, se clasificarán los países según el riesgo de deforestación ("bajo", "estándar" o "alto"), con sanciones por incumplimiento que pueden alcanzar hasta el 4% del volumen de negocios anual en la UE-27 del operador infractor. Este enfoque refleja un compromiso sólido de la UE con la protección ambiental y la promoción de prácticas sostenibles en la cadena de suministro agroindustrial.

El enfoque de S. Green & Flanagan (2018), destacan que, si los consumidores siguen priorizando la producción sostenible al tomar decisiones de compra, los productores se verán obligados a realizar mejoras en sus explotaciones y participar en los programas voluntarios de sostenibilidad ofrecidos por las empresas agroalimentarias para no quedar excluidos de los mercados más exclusivos.

Oportunidades Identificadas

A lo largo de toda la cadena de suministro de la industria ganadera argentina, hay una gran cantidad de eslabones, el ganado o la carne pasan de manos de un actor a otro, cada uno cumpliendo un rol particular dentro de la misma. Estas transferencias de bienes incluyen también una gran cantidad de transacciones, específicamente hablando, de transacciones de información, en las que algunos de los actores no tienen los medios para verificar la autenticidad de la información que están recibiendo. Esto sin hablar de la información que actualmente ni siquiera se está recopilando o a la que algunos actores no pueden acceder de forma transparente. Hay mucha información disponible que queda almacenada en silos de información propia de cada actor, dispersa en varios sistemas ERP y otras plataformas manejadas por diferentes entidades, operando de manera aislada unas de otras. Remedi & Stanham (2021) explican la importancia de contar con información sobre la historia del animal, y como esta puede aumentar el valor en diversas etapas de la cadena de suministro. Aspectos significativos como las pesadas, cambios de propiedad, prácticas de producción en el campo y tratamientos veterinarios aplicados al ganado se consideran hitos importantes. Es aquí donde se considera que existe una buena oportunidad para lograr capturar estos datos de manera segura y confiable utilizando blockchain, dando una trazabilidad de punta a punta en todo el proceso de producción, comercialización y distribución de carne bovina en el país.

Figura 6: Ejemplo de cómo funciona blockchain



Fuente: (Dalton et al., 2018)

Otras oportunidades se ven reflejadas en la implementación de contratos inteligentes, permitiendo automatizar algunas operaciones de la cadena como las transacciones comerciales. Los contratos inteligentes tienen la capacidad de hacer cumplir automáticamente las reglas acordadas por las partes involucradas y de ejecutar los pasos necesarios para facilitar, verificar y llevar a cabo los términos de un acuerdo sin necesidad de intermediarios humanos (Treboux, 2019). En mercados en desarrollo, los contratos inteligentes habilitados con blockchain podrían empoderar a los pequeños agricultores al permitirles evitar intermediarios y recibir precios más justos por sus productos (S. Green & Flanagan, 2018). Este proceso también reduce el tiempo necesario para procesar los pagos y disminuye la carga de trabajo administrativo para todas las partes involucradas en la cadena de suministro ganadero. La desigualdad en la cadena de suministro agropecuaria se manifiesta en una compensación injusta para los productores a pequeña escala. Esto se traduce en una distribución desigual de los beneficios generados por su producción, recibiendo una fracción mínima del valor final de los productos. Esta situación puede conducir a violaciones de los derechos humanos, como condiciones de trabajo peligrosas y explotación laboral (Handforth Calum et al., 2021).

Para cumplir con estándares internacionales, certificaciones específicas, buenas prácticas, prácticas amigables con el medio ambiente, son necesarios los protocolos y el cumplimiento de diligencias debidas. Los contratos inteligentes podrían facilitarles a las autoridades competentes centrales emitir certificaciones de exportación de manera fácil, rápida y confiable. Virtualmente toda la información requerida asociada con el producto estará en la DLT y las certificaciones incluso podrían ser automatizadas. En caso de un brote de una enfermedad animal o vegetal, productos agroalimentarios contaminados o fraude alimentario, las tecnologías de registros distribuidos (DLTs) también permitirán a las empresas y reguladores rastrear y localizar productos contaminados o fraudulentos de manera más rápida y barata (Tripoli & Schmidhuber, 2018).

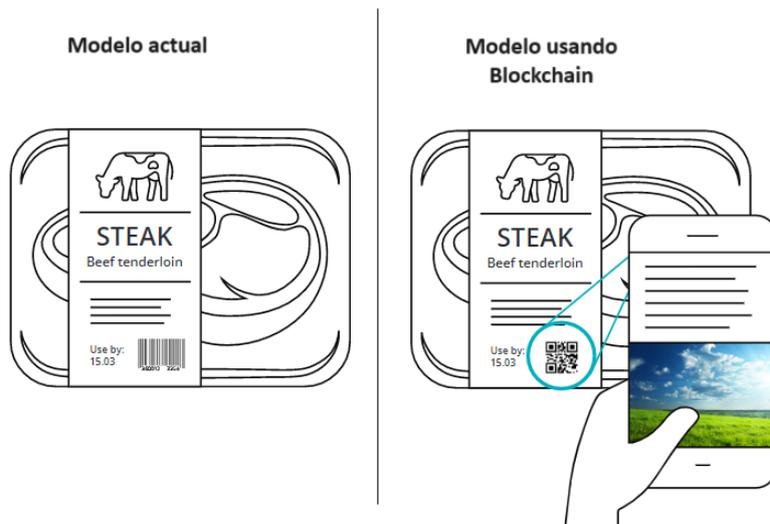
Según Treboux (2019), la carga de información en la red podría volverse automatizada mediante la implementación de oráculos para garantizar la autenticidad de los datos. Los dispositivos IoT (Internet de las Cosas) pueden contribuir a este objetivo en el mercado ganadero y de la carne. Por ejemplo, la adopción de dispositivos de localización por radiofrecuencia, que se colocan en los animales en lugar (o además) de las tradicionales caravanas, permitiría rastrear la ubicación del animal a lo largo de su vida, facilitando la certificación de origen y movimiento de manera confiable.

En LATAM hay muchos productores de pequeña y mediana escala que por fallas en el sistema actual terminan quedando relegados por falta de acceso a créditos y financiación, buscando escalar sus negocios y transformarlos a través de la incorporación de tecnología. La activación patrimonial de activos físicos (animales o granos) como garantía para acceder a créditos es lo que necesitan los productores para no quedar fuera del juego. Hoy, le piden papeles de la camioneta o de propiedad de casa o campo para poder acceder a créditos.

Por este motivo, la tokenización de activos además de ser una solución para la trazabilidad, puede ayudar al desarrollo de finanzas descentralizadas sobre activos digitales. Los principales obstáculos para que las instituciones financieras brinden productos de crédito a las micro, pequeñas y medianas empresas en el sector agropecuario son el costo de prestar servicios en áreas remotas y la falta de datos para evaluar la solvencia crediticia de los solicitantes o de garantías. La integración de las cadenas de suministro agrícolas en las DLTs podría proporcionar a las instituciones financieras datos completos sobre las operaciones de los productores y otros actores de la cadena de valor, necesarios para ofrecer diversos servicios financieros, como crédito directo o recibos de depósito. Al migrar a un sistema de DLT, un productor de pequeña escala podrá construir una identidad digital que registre sus activos digitales, pudiendo usarlos como garantía (historial crediticio, calidad y cantidad de productos agropecuarios, etc.) y otros factores de producción como la información meteorológica para determinar su solvencia crediticia (Tripoli & Schmidhuber, 2018).

Otro de los puntos fundamentales hoy en día es buscar empoderar al consumidor. La tecnología blockchain podría ofrecer a los consumidores una gran cantidad de información sobre sus alimentos, lo que les permitiría tomar decisiones de compra más informadas. Por ejemplo, aquellos consumidores preocupados por el bienestar animal tendrán acceso a información sobre cómo se criaron sus productos cárnicos (S. Green & Flanagan, 2018). La construcción de una solución en una plataforma blockchain permite a los consumidores verificar y comprobar la autenticidad de los productos en la tienda, lo que genera una mayor confianza y credibilidad por parte del consumidor. En el modelo actual de etiquetas, si tenemos suerte, comparte información del producto con el consumidor, como: descripción del producto, fecha de caducidad, origen del producto de carne de vacuno y estándares de calidad. De esta manera, se puede lograr descomoditizar productos como la carne, contando la historia del producto.

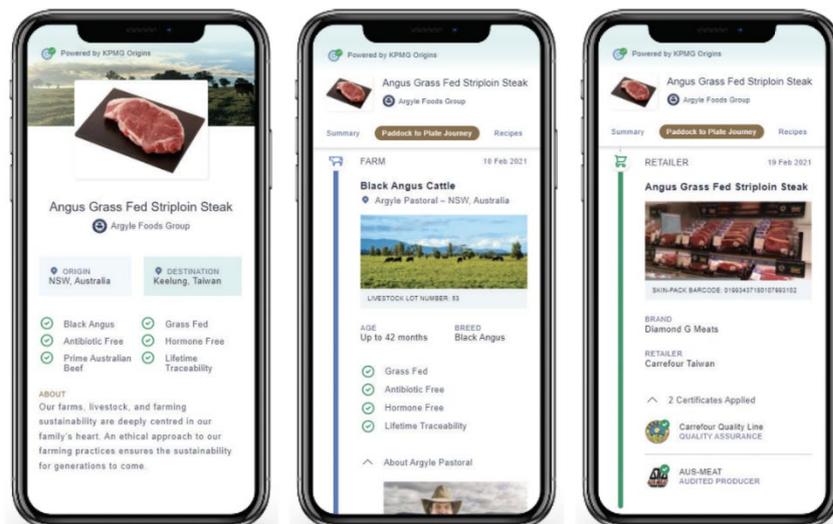
Figura 7: Información del producto



Fuente: (Dalton et al., 2018)

Los códigos QR ubicados en el empaque del producto brindan al consumidor acceso a la información almacenada en la cadena de bloques a través de una experiencia de realidad aumentada. Esto proporciona a los consumidores información del producto que se alinea con las tendencias de compra y conductas del consumidor. El consumidor podrá utilizar su dispositivo móvil inteligente para escanear un código QR que le proporcionará información detallada sobre el viaje del producto hasta la góndola. Esto permitirá que los consumidores accedan a la información almacenada en la blockchain para tomar decisiones de compra informadas (Dalton et al., 2018).

Figura 8: Historia del producto para el consumidor

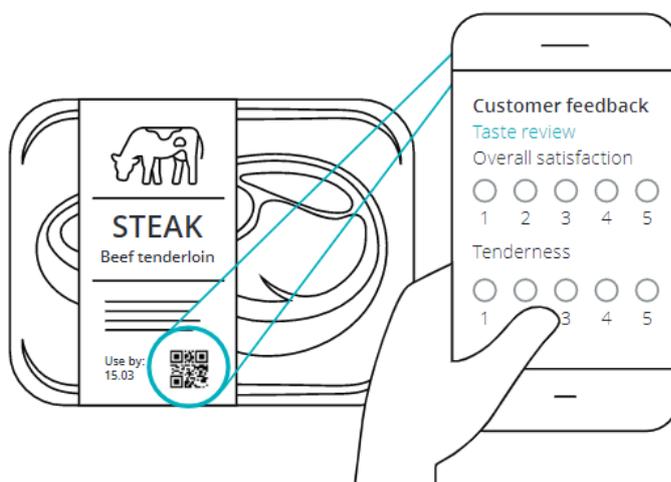


Fuente: KPMG Origins Case Study - Argyle Foods Group

Además de la posibilidad de diferenciar el producto agregándole valor con su historia, se presenta una gran oportunidad para las marcas comercializadoras de carne de cara al futuro. La posibilidad de crear un circuito de retroalimentación de los consumidores habilitado por blockchain ofrece a las marcas una forma fácil y

cómoda de obtener reseñas de productos directamente de los consumidores. Esto asegura que todos los participantes de la cadena alimentaria tengan acceso a comentarios precisos y actualizados de los consumidores. La retroalimentación del consumidor es crucial para mantener la competitividad de las marcas en mercados altamente competitivos. La inteligencia de mercado ayudará a impulsar innovaciones exitosas en nuevos productos y mantener un crecimiento continuo, además de premiar a los proveedores que tengan mejores reseñas. Actualmente, los sistemas de retroalimentación son engorrosos y la mayoría de los comentarios provienen de consumidores insatisfechos. El modelo de blockchain ofrece un ciclo de retroalimentación cómodo, fácil y con incentivos para el consumidor, accesible mediante el escaneo de un código QR en el empaque. Una vez que se envía la retroalimentación, queda registrada en el blockchain y accesible para todos los participantes de la red, sin posibilidad de modificación.

Figura 9: Feedback del consumidor



Fuente: (Dalton et al., 2018)

Caso de estudio: Carnes Validadas

Diego y Nicolas son los cofundadores de Carnes Validadas. Los presentó una amiga en común que entendió que tenían visiones semejantes e inmediatamente unieron esfuerzos. Diego Heinrich (CEO), es ingeniero agrónomo MBA. Con experiencia en todos los eslabones de la cadena de valor de la carne como empresario y consultor. Tiene trayectoria institucional como miembro de directorio (AAPRESID) y ex-vicepresidente de MAIZAR. Nicolás Balestrini (CEO), es agricultor, biólogo y experto en trazabilidad de la cadena de suministro. Crypto-loco desde 2012, tecnología y habilidades criptográficas. Ex-CEO en Instituto Rosenbusch S.A. creadores de la primera marca con trazabilidad codebar en empaque (2007). Ambos, con trayectoria en la industria agroalimentaria argentina, reconocieron la necesidad que tiene la industria cárnica de América Latina de mejorar sustancialmente su trazabilidad.

Como startup, Carnes Validadas tiene la visión de construir una plataforma universal que facilite la integración de empresas de todos los eslabones para proporcionar transparencia y confianza mediante su tecnología blockchain. Busca

convertirse en una plataforma global, multiservicio y multiespecie que funcione como puente entre productores, industria y consumidor. Su misión es ser la plataforma de tokenización de activos y trazabilidad ampliada mediante blockchain, añadiendo valor a la información generada y proporcionando productos con trazabilidad completa al consumidor.

Tabla 2: Necesidades y funciones del sector agropecuario

Actividad	Área de intervención	Objetivos	Necesidades	Utilidades
Producción	Agricultura	Gestión general operativa y económica de la empresa	Administración económica	Gestión de insumos, cash flow, pagos, reportes, tablero control
		Planificación productiva y eficiencia productiva.	Toma de decisiones productivas-económicas estratégicas.	Análisis de inversiones, predicción agroclimática, evaluación de rendimientos, dosis variables, etc
	Ganadería	Diferenciación de productos	Trazabilidad / Rastreabilidad	Identificación animal y vegetal, registro y manejo de información
		Seguridad alimentaria y regulaciones económicas y de calidad	Control sanitario y de calidad	Predicción y control de enfermedades, malezas, control calidad de insumos y de productos.
I+D	Agricultura, ganadería y gestión de insumos y herramientas	Diferenciación de productos y agregación de valor	Mejoramiento de insumos y procesos	Manejo de información genética para manipular organismos
			Mejoramiento de maquinaria y herramientas	Almacenamiento y manejo de info agronómica, climática, etc.
				Incorporación de tecnología y diseño industrial avanzado

Fuente: (Albornoz, 2006)

Dentro del conjunto de funciones y necesidades que se presentan en la actividad productiva agrícola y ganadera, Carnes Validadas apuntó a complementar la trazabilidad exigida por el gobierno, permitiendo una trazabilidad más detallada del ciclo de vida del animal. Al utilizar blockchain, la identidad digital generada para la trazabilidad del animal es transferible al próximo actor en la cadena, quien puede continuar registrando los hechos que afectan la vida del animal. La estrategia se centró en productores ganaderos, frigoríficos, comercializadores y retailers como principales clientes. Varios de los inversores, y los propios fundadores, son actores en la cadena. En pos de facilitar la adopción de esta solución, se enfocaron en desarrollar un producto que no requiera conocimiento específico de la tecnología.

El mercado total inicial al que se apuntó comprende los productores ganaderos de ARG, PY, UY, BR Y MX y suma aproximadamente 330 Millones de cabezas de ganado. El mercado potencial inicial son los innovadores 3,5 % más los early adopters de esos mercados 13,5 %, es decir aproximadamente 50 millones de cabezas de ganado. Por otro lado, Carnes Validadas en desarrollo junto a grandes entidades financieras y asegurados, diversos productos que pueden modificar y revolucionar la forma en que se aseguran y financian ganados. Al poder tokenizar y trazar un animal, este puede ser utilizado como contraparte para acceder a préstamos diferenciados, y a primas de seguro más económicas, donde la carga de información es el principal activo diferenciador.

El proyecto recibió \$120.000 de \$120.000 de USD en la ronda 01 de inversores ángeles en julio de 2019. En mayo de 2020 se lanzó el Programa Early Adopters, que es una promoción de acceso a la herramienta de manera gratuita por 6 con obligación de feedback sobre su funcionalidad ya que la idea era continuar creando el producto junto a los productores innovadores. Luego, en junio de 2020, recibieron \$80.000 de \$600.000 de USD en la ronda 02 abierta de inversores. Gracias al amplio conocimiento y networking de los fundadores e inversores semillas, Carnes Validadas ha logrado instalarse y hacerse conocido en la industria ganadera.

Propuesta de valor

El cambio de paradigma de los consumidores del siglo XXI y las nuevas generaciones, exacerbado por la aparición del covid-19, fue el puntapié del proyecto. Los consumidores demandan cada vez más información relacionada con el origen de los alimentos que ingieren y cómo se producen. Además, cada vez hay más regulaciones de los mercados, los cuales exigen información que antes no era tenida en cuenta como el bienestar animal, huella de carbono, libre de deforestación. El problema para lograr satisfacer esas necesidades reside en la complejidad de la cadena de suministros de la carne bovina, los actores son muchos y la información termina quedando almacenada en silos de información propios de cada actor, imposibilitando la posibilidad de transferir o compartir de manera ágil, transparente y simple.

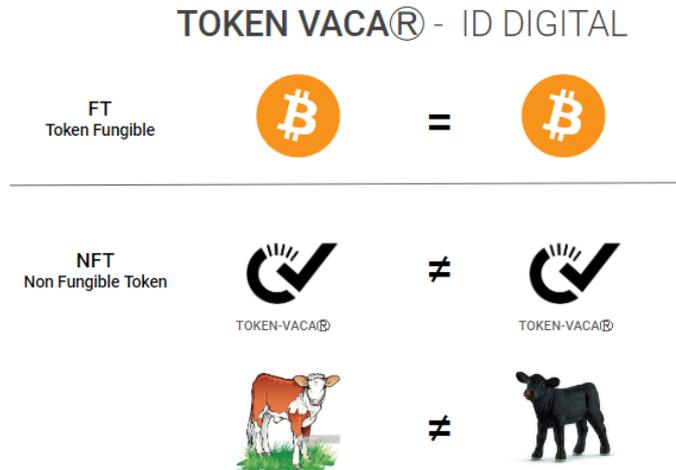
Ante los desafíos de fragmentación y desconfianza presentes en la cadena de valor bovina, surge Carnes Validada, ofreciendo una solución que permite demostrar el trabajo realizado en cada etapa de la producción mediante la trazabilidad ampliada. Es la primer plataforma SaaS que brinda la oportunidad a todos los participantes de gestionar su información y registrarla en la blockchain, lo que facilita la transferencia de datos a lo largo de la cadena. De esta forma se ofrece transparencia y claridad al proceso de producción, desde la genealogía hasta su comercialización. En definitiva, es una plataforma tecnológica que permite la trazabilidad completa de la cadena de producción de la carne.

Se ha acuñado el término "trazabilidad ampliada" con el fin de marcar una distinción respecto al uso convencional de la trazabilidad, que se limita a seguir la ubicación de un producto. En el contexto de Carnes Validadas, la trazabilidad ampliada implica conocer todos los aspectos relevantes de la vida de un animal: desde su lugar y fecha de nacimiento hasta su alimentación, el tiempo que permanece en cada ubicación, las personas involucradas en su crianza, e incluso imágenes del propio animal. Este enfoque ampliado implica registrar en la blockchain todos los eventos significativos que ocurren durante la vida del animal, así como las certificaciones de los establecimientos y sus prácticas de trabajo.

La solución parte de la digitalización e identificación de la cabeza de ganado utilizando la tecnología blockchain. La tokenización del ganado consta en darle una identidad digital a cada cabeza de ganado. Dentro de Carnes Validadas, un token vaca representa digitalmente un animal (vaca, ternero, etc) identificado inequívocamente al estar relacionado con su caravana (visual o electrónica),

creando un token no fungible (NFT). A partir de ese momento la cabeza de ganado se convierte en un activo patrimonial que concentra información antes dispersa.

Figura 10: Representación digital



Un NFT es la representación única e inmutable de un activo u objeto físico dentro de una blockchain. Se opta por utilizar NFT en lugar de tokens fungibles, ya que un animal nunca va a ser igual a otro, siendo un token no fungible igual de único que el activo real que representa. A diferencia de criptomonedas como bitcoin y muchos otros tokens fungibles de red o utilidad, donde cada unidad es idéntica a las demás, los NFT adquieren las características de ser únicos, indivisibles, transferibles y con la capacidad de demostrar su rareza. La plataforma funciona como canal de comunicación entre actores de la cadena de valor de la carne, siendo el token vaca el "vehículo" para realizar esta transferencia digital.

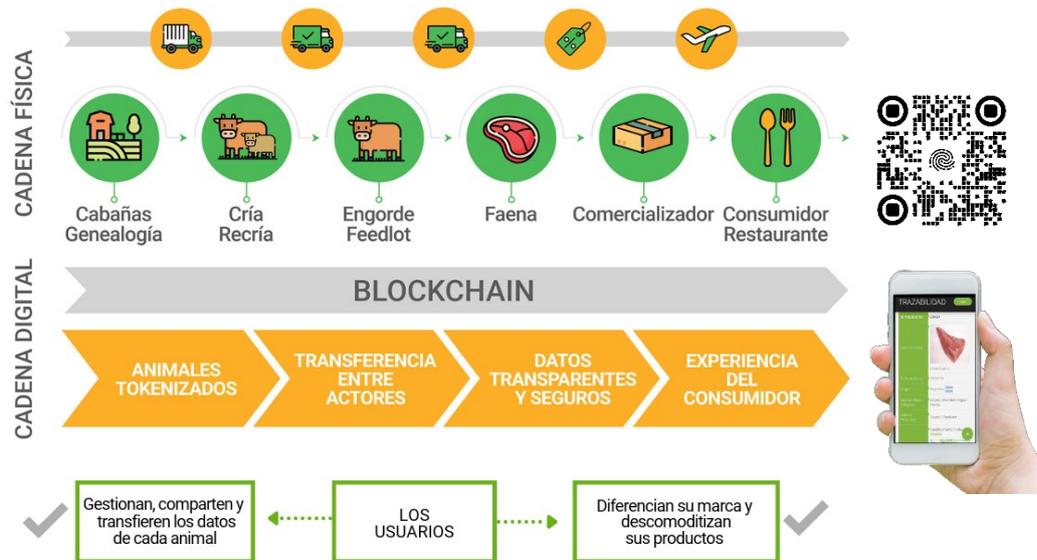
Figura 11: Información del token vaca



La siguiente figura (figura 12) ilustra la transición de Carnes Validadas de una cadena de valor física a una cadena de valor digital, donde cada etapa del proceso

físico se convierte en una oportunidad digital. El objetivo es convertir la información en valor, facilitando la transmisión de datos desde la genealogía hasta el consumidor final, lo que permite diferenciar y agregar valor al producto final. El mayor beneficio para el productor al utilizar Carnes Validadas radica en la capacidad de gestionar y transmitir eficazmente su trabajo a lo largo de la cadena. Esto le permite mostrar aspectos clave de su negocio y respaldar la calidad de sus productos. Como resultado, puede capturar un mayor valor, reflejado en precios más elevados.

Figura 12: Dinámica de Carnes Validadas



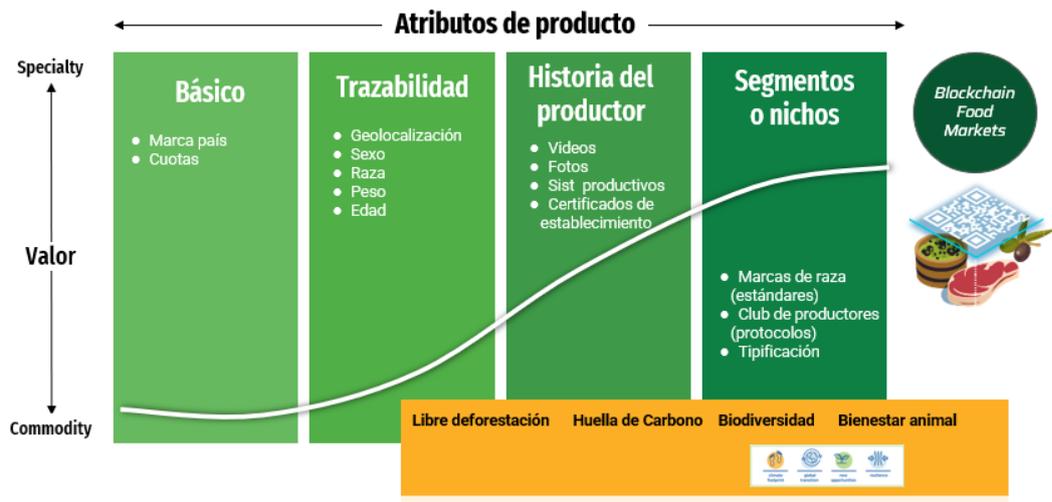
Los consumidores escanean desde cualquier parte del mundo un código QR en el envase de carne en un supermercado, carnicería o menú de un restaurante, y allí pueden ver el "currículum vitae" de la carne que compran. Podrán ver qué es exactamente lo que están consumiendo: Quiénes llevaron a cabo los procesos en la cadena de suministro, dónde y cómo fue todo el proceso productivo de la proteína animal, incluyendo con qué se alimentó el animal y de qué raza era.

Las empresas comercializadoras son los principales beneficiarios de la información generada a lo largo de la cadena de valor de la carne, lo cual se resume en cuatro aspectos clave:

- i. Brindar mayor transparencia: Ofrecer visibilidad sobre la producción y los procesos dentro de la cadena de suministro, lo que ayuda a evitar fraudes en el etiquetado y garantiza la seguridad alimentaria e inocuidad del producto.
- ii. Construir confianza: Contar la historia del producto respaldada por datos completos de procedencia y trazabilidad, lo que aumenta la fidelización de los consumidores al ofrecer una mayor transparencia sobre el origen y los procesos de producción.
- iii. Diferenciar el producto: Valorizar la información para transformar los productos genéricos en especializados. Esto facilita el acceso a mercados cada vez más exigentes y permite ofrecer productos trazados y diferenciados según los requisitos de los mercados premium de alimentos.

- iv. Potenciar la marca: Desarrollar protocolos que integren de manera eficiente la cadena de suministro para asegurar la disponibilidad y el estándar de calidad de los productores, lo que se traduce en un producto cárnico con un resultado gastronómico óptimo. Esta mejora en el desempeño del producto es el resultado del trabajo en aspectos productivos como la raza, la genética y el engorde, entre otros.

Figura 13: Generar valor con información



Los comercializadores pueden construir una identidad de marca única al aprovechar la información que desean compartir con los consumidores. Cada marca comprende sus fortalezas distintivas, y es crucial enfocarse en ellas para destacar en un mercado competitivo, resaltando atributos específicos del producto y diferenciándose con información relevante. Por ejemplo, destacando una denominación de origen o la garantía de ser un producto libre de deforestación.

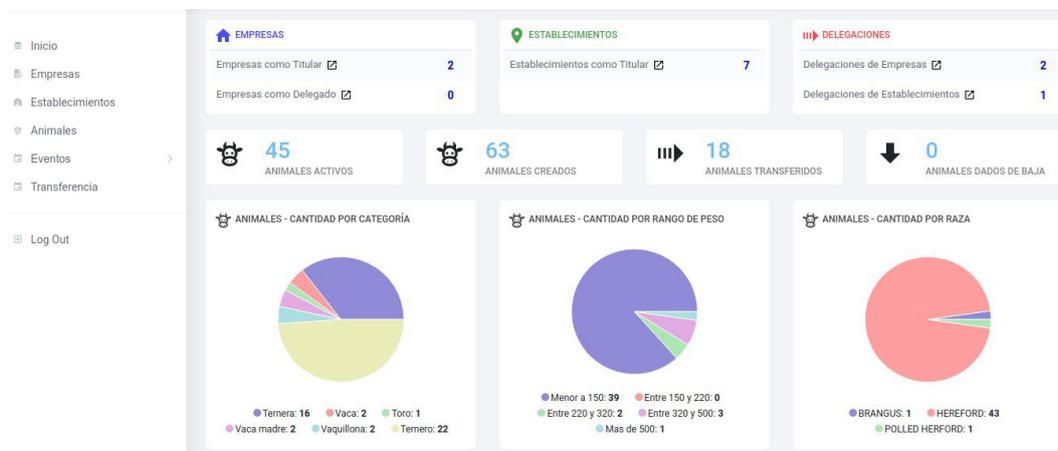
Solución

Se creó una plataforma online simple, intuitiva y autogestiva, buscando una interacción del usuario con la plataforma de forma sencilla. Todo se encuentra en la nube, por lo que cualquier persona con conocimientos básicos de informática y con un ordenador puede utilizarla. No se requiere conocimiento alguno sobre blockchain.

Carnes Validadas es una plataforma basada y sustentada en tecnología blockchain. El uso de dicha tecnología permite que la trazabilidad y los datos estampados en la red sean inmutables, permanentes en el tiempo, transparentes y creíbles. La solución fue implementada inicialmente sobre un blockchain privado (Hyperledger Besu) manejada por el equipo, que registraba periódicamente transacciones en la red pública de RSK (IOVlabs) utilizando tokens no fungibles ERC721 a fin de proveer una seguridad extra y hacerla auditable por entidades externas. Esta última blockchain corre sobre la red Bitcoin (la misma sobre la cual se minan Bitcoins), la blockchain más segura del mundo. En 2021 se optó por

cambiar a la red pública de Algorand para darle más visibilidad y escalabilidad a la solución.

Figura 14: Dashboard plataforma Carnes Validadas



Para utilizar la plataforma, es necesario registrarse creando un usuario con datos de identificación y validación. Posteriormente, se debe crear una empresa, proporcionando información de identificación, documentación y certificados necesarios. Una vez completados estos pasos, se pueden crear los establecimientos productivos con los activos correspondientes de cada explotación. En una primera fase, se ingresan los datos de activación, como el establecimiento, el productor, el sistema productivo, el equipo de trabajo y los detalles de las cabezas de ganado. Luego, durante la producción del activo, se registran los eventos de evolución, como pesajes, alimentación, vacunaciones, cambios de sistemas productivos o transferencias, entre otros. Todos estos eventos quedan registrados en tiempo real en la blockchain en relación con un token vaca específico.

Respecto al ciclo de información en la plataforma:

1. REGISTRAR / TRAZAR

Los usuarios trazan ampliamente cada animal con su token en la Blockchain, registrando información de identificación, genealogía, peso, alimentación y certificados, entre otros.

2. COMPARTIR / MOSTRAR

Los usuarios comparten información sobre sus establecimientos y productos a los distintos stakeholders (compradores, aseguradoras, inversores), diferenciando sus productos y marcas.

3. TRANSFERIR

Una vez acordada la transacción de compra-venta, los usuarios transfieren los token de sus animales, junto con toda la información trazada al momento.

4. VALIDAR / AUDITAR

Todas las transacciones realizadas en la blockchain podrán ser auditadas mediante su hash.

La plataforma ofrece una gestión efectiva del stock a través del panel de control, permitiendo generar informes para respaldar decisiones y compartirlas como prueba de la existencia digital del ganado. Existe un módulo para dar de alta, baja, y modificar (ABM) los principales objetos que permiten realizar la trazabilidad ampliada en la plataforma: empresas, establecimientos, lotes y animales.

En cuanto al registro de eventos de los animales, se puede registrar en forma individual o masivamente (usando plantilla de excel) los siguientes eventos:

- Cambios de peso
- Cambios de sistema productivo
- Cambios en dentición
- Reidentificación de caravanas
- Castración
- Recategorización
- Baja de animales, ya sea por muerte, desaparición, otro uso, o transferencias a terceros fuera de la plataforma.

Hay un módulo de la plataforma donde se registra la genealogía de un animal y de sus padres, pudiendo registrar datos como el HBA o el certificado de ADN, SRA, SRA, entre otros. También existe otro módulo en la plataforma donde se registran los certificados sanitarios, productivos y de gestión de un establecimiento (productivo, frigorífico y comercializador), impactando los animales que por ahí pasen mientras esté vigente.

Además, proporciona herramientas personalizables y en línea para compartir información sobre el rodeo y el negocio ganadero con los actores de la cadena de la carne, reflejando la información cargada. Por ejemplo, el QR identeco, es un código QR asociado a un animal, que conduce a un sitio web con información detallada de ese animal. Este se genera automáticamente al dar de alta el animal en la plataforma y se actualiza a medida que se registran nuevos eventos. Similarmente, el QR identeco trupo permite asignar varios animales, reflejando la información de cada uno en sus respectivos tokens vaca.

Información obligatoria:

- Número de caravana
- Especie, raza y categoría
- País de origen
- Nombre y ubicación del establecimiento actual
- Historia de traslados entre establecimientos, con link a cada mikrosito (si está disponible)

Información opcional para mostrar:

- Sexo, Peso actual, y Dentición
- Foto y video del animal
- Sistema productivo (tipo y foto)
- Lote al que pertenece
- Identidad digital - Token Vaca (TKV)
- Fecha de nacimiento y peso al nacer
- Datos de genealogía
- Certificados

Una característica destacada es la capacidad de crear un Mikrosito para cada establecimiento, un sitio web fácil de usar y personalizable. El usuario configura qué información quiere mostrar y resaltar de sus operaciones ganaderas, como pueden ser los datos genealógicos de su ganado, las prácticas sustentables en el manejo de sus pasturas, las certificaciones del establecimiento, entre otros. Los NFTs (representados por token vaca), permanecen en digital wallets (billeteras virtuales) relacionadas con cada establecimiento. Entonces, mientras se mantengan en el mismo establecimiento, los NFTs permanecen en la misma wallet

(billetera) y reciben eventos como metadata. Cada token vaca que pase por el establecimiento en cuestión, quedará vinculado al Mikrosito correspondiente.

Información para mostrar:

- Logos del establecimiento y de la empresa
- Información y fotos del sistema productivo o los productos del establecimiento
- Foto de la marca de fuego
- Composición de razas del ganado
- Datos de contacto
- Link a redes sociales
- Mapa con ubicación geográfica

Figura 15: Mikrosito (sitio web de establecimiento) Carnes Validadas

Estancia Rincón de Yeguas
Grupo Pilagá

SISTEMA PRODUCTIVO

NUESTRO SISTEMA PRODUCTIVO

Nuestra Cabaña

El proceso ganadero de Pilagá inicia desde el sistema de cría de alto valor que da origen desde la emblemática Cabaña Pilagá. Desde hace muchos años, Pilagá tiene un nombre reconocido como cabaña que ofrece reproducciones comerciales para todo el mapa ganadero de la región. El programa genético está basado en dos pilares fundamentales: un sólido y seleccionado plantel de madres, y un programa de transferencia embrionaria, conformado por un reducido y consistente plantel de donantes.

Natural Pastoreo

NUESTROS CERTIFICADOS
RESNPA: Descargar

Nuestro Equipo
El secreto de nuestro éxito.

Grupo Pilagá
Es la empresa propietaria de Estancia Rincón de Yeguas

Composición de razas
Así se compone el stock de razas de nuestro establecimiento

70% Flocky 20% Fanyx

El establecimiento Rincón de Yeguas tokeniza sus animales con Carnes Validadas

La información hace la diferencia
Cada animal posee un token digital único e irrepetible en la CV Blockchain. El token puede ser transferido junto con toda su información, creando una Trazabilidad Ampliada del animal.

Trazabilidad Ampliada
La Historia de Vida del animal queda registrada y puede ser mostrada y compartida en cualquier momento de la cadena de suministro.

CONOCÉ MÁS

Grupo Pilagá
Una empresa argentina, que opera desde 1967, dedicada al desarrollo de negocios agrícolas, ganaderos e inmobiliarios en diferentes zonas del país.

Contacto
Ruta Nac. 125, - Km 148 - Mercedes, Corrientes, Argentina
info@pilagacarnes.com.ar
+54 351 580-2371
http://www.cabanapilaga.com.ar

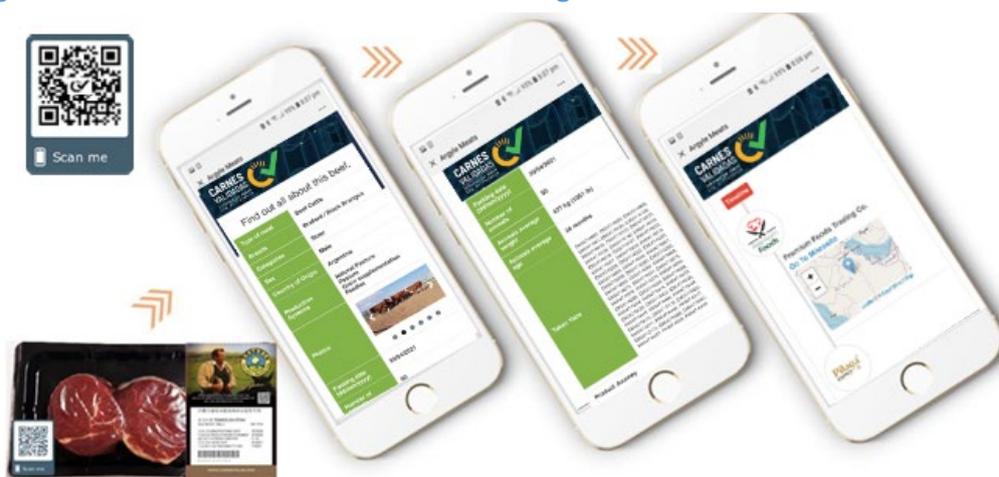
Ubicación

Finalmente, está el QR producto trupo, destinado a los comercializadores. Este código QR está vinculado a una tropa de animales faenados y se aplica a todos los cortes de carne derivados de esa tropa. Al escanearlo, se accede a un sitio web que proporciona información detallada sobre la tropa de animales, incluyendo su historial de establecimientos y otros datos relevantes.

Información para mostrar:

- Carne de especie
- Raza/s
- Categoría/s
- País de origen
- Sistemas productivos
- Imágenes
- Fecha de faena (dd/mm/yyyy)
- Fecha de vencimiento (dd/mm/yyyy)
- Cantidad de animales
- Peso Promedio (kg)
- Recorrido del producto (mapa dinámico)
- Mikrositos
- Tokens vaca

Figura 16: Resultado del escaneo del código QR



Carnes Validades llega desde la genealogía del animal hasta el producto que adquiere el consumidor final, el famoso del campo a la mesa. Si el productor está integrado verticalmente y controla la instancia del frigorífico, puede aprovechar la información que él mismo recopiló y volcarla en un QR final. Hoy, funciona el corte por tropa de faena, la idea siempre fue llegar al corte individual también, con su propia identificación.

Casos de éxito de marcas exportadoras de carne

Pilagá, una empresa ganadera con más de 150 años de experiencia, se ha destacado por su firme compromiso con el desarrollo y la oferta de la mejor genética a productores en Argentina y la región. Con un enfoque en el mejoramiento genético de los rodeos y la producción de carne de calidad superior, Pilagá ha logrado obtener un reconocimiento destacado en las competencias más importantes de las razas Braford y Brangus durante la última década.

Con el objetivo de agregar valor a su producción y satisfacer las demandas del mercado, nace la marca "Pilagá Carnes", la cual comercializa carnes Premium con origen en su genética premiada. Sin embargo, lo que realmente ha marcado la diferencia para Pilagá Carnes es la adopción de la tecnología de trazabilidad blockchain ofrecida por Carnes Validadas.

Ilustración 1: Envío de carne envasada - Pilagá



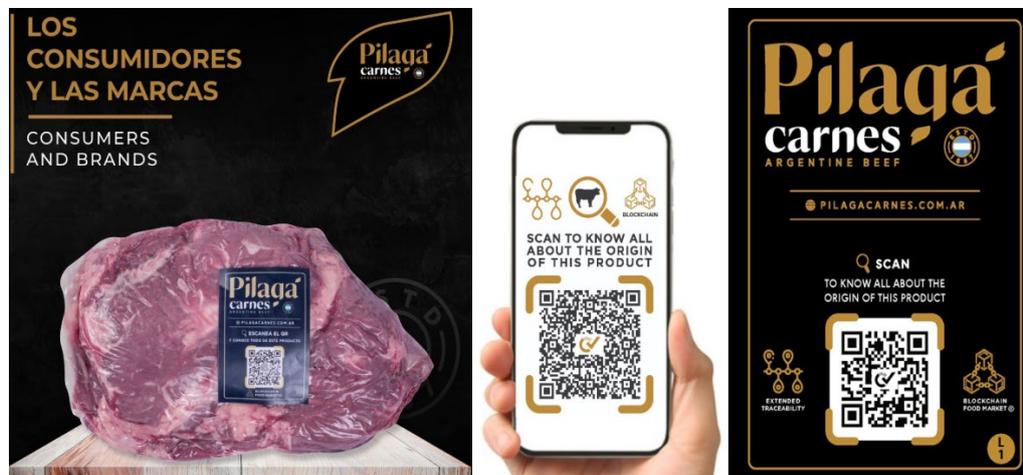
El proceso productivo de Pilagá se caracteriza por asegurar calidad, trazabilidad, inocuidad y abastecimiento continuo desde el inicio hasta el final de la cadena de valor. Con sistemas de identificación digital proporcionados por Allflex y Tru-Test, la totalidad de la hacienda de Pilagá está identificada con caravanas electrónicas, lo que permite digitalizar la información de cada individuo dentro de la cadena, desde el nacimiento hasta su destino final.

Pilagá se convirtió en early adopters de Carnes Validadas en Argentina, lo que les ha permitido generar trazabilidad individual de los bovinos en blockchain desde el nacimiento hasta su fin en la cadena productiva. Gracias a Carnes Validadas pudieron documentar y mostrar la historia de cada animal, incluyendo los establecimientos donde estuvo y el sistema de cría y alimentación que recibió en cada etapa del proceso.

Respecto al mercado interno, Pilagá realizó en 2021 un envío de carnes a la Patagonia, a tres carnicerías y clientes del canal horeca (abreviación de hoteles, restaurantes y cafés). También envió carne con trazabilidad blockchain a carnicerías premium del sur de Córdoba capital, ampliando los mercados en distintas regiones del país. En el ámbito de los mercados internacionales, Pilagá Carnes ha logrado expandirse hacia segmentos de mercado poco convencionales, incluyendo destinos como Arabia Saudita. Gracias a la tecnología blockchain, la empresa ha podido exportar una amplia gama de productos cárnicos, desde carne producida 100% a pasto hasta carne terminada a grano, e incluso ha podido agregar certificados de faena que siguen los ritos halal y kosher. Pilagá Carnes también ha tenido éxito en mercados más tradicionales como Países Bajos, España, Italia y Estados Unidos, donde la transparencia y la trazabilidad en los productos cárnicos son altamente valoradas por los consumidores. La capacidad

de proporcionar una trazabilidad completa desde el origen hasta el producto final ha sido fundamental para el éxito de Pilagá Carnes en estos mercados exigentes.

Ilustración 2: Marketing de producto - Pilagá



Además de su enfoque en la calidad del producto y la tecnología de trazabilidad, Pilagá se ha destacado por su compromiso con la sostenibilidad y la innovación. La empresa está trabajando en programas como el Programa Carbono Cero y la adopción de prácticas que cumplan con las regulaciones de la Unión Europea sobre alimentos libres de deforestación.

También, mediante un convenio entre Cabaña Pilagá, Carnes Validadas y Sancor Seguros, se ofrece el programa "Garantía Extendida Pilagá". Este seguro especial por 180 días incluye una cobertura por Muerte e Incapacidad reproductiva por el monto en que los clientes adquieran los reproductores en el remate de Pilagá. Se trata de la primera venta de reproductores bovinos en un remate en Argentina con una cobertura de este tipo.

Ilustración 3: Marketing en remates - Pilagá

En resumen, Pilagá Carnes ha demostrado cómo la adopción de la tecnología de trazabilidad blockchain, proporcionada por Carnes Validadas, puede transformar una empresa ganadera tradicional en un líder del mercado global. Su capacidad para garantizar la calidad, la transparencia y la trazabilidad en cada etapa del

proceso productivo les ha permitido satisfacer las demandas de los consumidores más exigentes y expandir con éxito su presencia a nivel internacional.

Otro de los casos de éxito es Abuelo Julio, una marca arraigada en la tradición ganadera argentina, que se ha destacado por ofrecer carne premium de la más alta calidad, representando la auténtica expresión de la tradición gaucha. Con un ciclo completo de producción que abarca desde la selección genética hasta la integración vertical con productores destacados, Abuelo Julio se ha posicionado como un referente en el mercado global de carne premium.

Con una visión de expansión internacional, Abuelo Julio ha logrado penetrar en los mercados más exigentes del mundo, incluyendo Estados Unidos y Dubai, donde cumple con los estándares de calidad más rigurosos, incluyendo los requisitos Halal y Kosher. Esto ha sido posible gracias a su compromiso con la excelencia y su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de cada mercado.

Ilustración 4: Envío de carne envasada – Abuelo Julio



Uno de los pilares de la estrategia de Abuelo Julio es la adopción de tecnologías innovadoras aplicadas a la ganadería, destacándose el uso de la tecnología blockchain para validar y garantizar la trazabilidad completa de sus productos. Cada corte de carne viene acompañado de un código QR que permite a los consumidores acceder a información detallada sobre el proceso productivo, desde el campo hasta la mesa. Esta transparencia y trazabilidad brinda confianza tanto a los consumidores como a los productores, reforzando el compromiso de Abuelo Julio con la calidad y la sostenibilidad.

Ilustración 5: Marketing de producto - Abuelo Julio



Además de su enfoque en la calidad y la trazabilidad, Abuelo Julio se ha comprometido con la producción sustentable y amigable con el medio ambiente, implementando acciones concretas para mitigar el impacto de su actividad en el entorno. A través de estas iniciativas, Abuelo Julio busca mantener vivas sus raíces y valores, ofreciendo productos de calidad premium que reflejan la herencia y la tradición ganadera argentina.

En resumen, Abuelo Julio ha logrado desarrollar todo el potencial de su marca de carne, generando una identidad única con su genética y utilizando la tecnología blockchain para transmitir la historia y las características de sus productos a los consumidores de todo el mundo. Con un enfoque en la calidad, la trazabilidad y la sostenibilidad, Abuelo Julio se ha consolidado como una marca líder en el mercado global de carne premium.

Desafíos para su adopción

Frente a la implementación de tecnología blockchain como herramienta de trazabilidad, se presentan varios desafíos a resolver. Entre los principales desafíos se presenta el de garantizar la participación de todos los actores en la cadena de suministro, siendo esencial para lograr una trazabilidad completa. Muchas veces pasa que los pequeños productores y otros grupos vulnerables pueden quedar excluidos debido a la falta de acceso a la tecnología, acceso a internet y la formalización de contratos, lo que requiere estrategias específicas para su inclusión.

Una de las principales barreras que enfrentaron los productores al implementar Carnes Validadas estuvo relacionada con la incertidumbre sobre si recibirán un valor adicional al vender sus animales al respaldar su producto a través de la plataforma. Aunque el uso de la plataforma fuera gratuito y solo requiriera su tiempo, la falta de garantías sobre la obtención de un precio superior representó un obstáculo significativo. Incentivar la adopción de la trazabilidad y la gestión de datos a lo largo de toda la cadena ganadera fue un constante desafío. Este desafío radica en la necesidad de establecer un sistema de incentivos que motive a los productores y otros participantes de la cadena a dedicar esfuerzos adicionales en la documentación y administración de datos.

En un contexto donde múltiples empresas colaboran en la cadena de suministro, es necesario gestionar las relaciones de manera horizontal, conectando a cabañeros, criadores, engordadores, procesadores, comercializadores y distribuidores al mismo nivel. Esta dinámica puede generar desajustes entre las necesidades de seguimiento hacia adelante y hacia atrás en la cadena. Mientras que los operadores comerciales del proceso "downstream", cerca de los consumidores, tienen fuertes necesidades retrospectivas relacionadas con los consumidores, los operadores comerciales del "upstream" muestran menor interés en el seguimiento de productos. Este desequilibrio implica que haya pocos o ningún incentivo para que los operadores "upstream" digitalicen su trabajo y proporcionen datos que satisfagan las necesidades de los operadores "downstream".

Para abordar este desafío, es crucial construir un sistema que ofrezca beneficios tangibles para cada eslabón o empresa de la cadena de suministro, especialmente para las empresas "upstream". Se requiere establecer mecanismos que premien a los proveedores de datos en función de su contribución al valor agregado del producto. Esto implica la capacidad de identificar y verificar quién proporcionó los datos específicos que contribuyeron a mejorar los productos y recompensarlos en consecuencia.

Carnes Validadas busca fomentar esta práctica permitiendo que los productores tokenicen su ganado, lo que les otorga la posibilidad de solicitar un precio de venta más alto por sus animales y transferir los tokens correspondientes. La idea es que los consumidores finales estén dispuestos a pagar un precio premium por una carne certificada y trazada. Al estampar la información generada por diferentes equipos y tecnologías en la blockchain, los productores transfieren su esfuerzo al siguiente eslabón de la cadena, respaldando lo que venden y generando una percepción de precios incrementales y una captura de mayor valor.

Para lograr esto, es necesario establecer reglas entre múltiples operadores comerciales para compartir incentivos en función del grado de contribución al valor agregado del producto y de la política empresarial.

La propuesta fue presentada y debatida con instituciones de gran relevancia, donde participaron miembros destacados a nivel nacional, incluyendo frigoríficos miembros del prestigioso consorcio ABC. A pesar de nuestros esfuerzos, lamentablemente no logramos alcanzar un consenso. Los casos de éxito presentados fueron de empresas comercializadoras integradas verticalmente, con lo cual, este problema no terminó repercutiendo en sus negocios.

Es importante destacar que la falta de consenso no necesariamente indica un rechazo total a la propuesta, sino que refleja la diversidad de opiniones y enfoques presentes en el debate. Es posible que algunas partes interesadas aún tengan reservas o necesiten más tiempo para evaluar completamente los aspectos y las implicaciones de la propuesta antes de comprometer su apoyo.

Otro de los desafíos fundamentales que enfrentamos al implementar la solución de Carnes Validadas reside en la fiabilidad y gestión eficiente de los datos a lo largo de toda la cadena ganadera. En el entorno laboral actual, es común que los datos se ingresen manualmente por parte de personas. Esto significa que la autenticidad y confiabilidad de la información dependen en gran medida de la precisión y fiabilidad del ser humano que realiza esta tarea.

Además, la participación humana en las operaciones comerciales conlleva otras desventajas. Por ejemplo, la falta de estandarización en las reglas de operación puede generar costos adicionales y retrasos cuando se solicita información retrospectiva de manera inesperada. Esta necesidad de acceder a datos anteriores puede interrumpir la operación del negocio y generar complicaciones, especialmente si no se cuenta con un sistema eficiente para recuperar esta información de manera rápida y precisa.

Otro factor importante es la falta de estandarización en el modelo de datos utilizado para vincular la información entre múltiples empresas a lo largo de la cadena de suministro. Esta falta de estandarización dificulta la validación y confiabilidad de los datos ingresados en el sistema. Por lo tanto, para garantizar la interoperabilidad entre los sistemas de los diferentes participantes, es fundamental estandarizar y unificar las reglas, además de integrar la plataforma de datos y la tecnología para capturar datos reales provenientes de dispositivos IoT y tecnología de detección, entre otros.

En el caso específico de Carnes Validadas, se comenzó implementando medidas para mejorar la validación de los datos. Los usuarios están comprometidos a cargar información veraz a través de declaraciones juradas, y en muchos casos, intervienen terceros como agentes validadores de los eventos registrados, como veterinarios. Además, se está trabajando en la automatización de los procesos de carga de datos mediante tecnologías como IoT, lecturas de caravanas automáticas, RFID, etc., para garantizar que los datos sean objetivamente adquiridos y totalmente inalterables. Si bien cada vez más instrumentos monitorean y reportan en tiempo real las cadenas como oráculos, todavía queda mucho por aprender y mejorar en este ámbito.

Por último, otro desafío al que suelen enfrentarse las agtech es la interoperabilidad. En Argentina, los productores agropecuarios están ávidos por adoptar nuevas tecnologías, pero se encuentran con la competencia de las tecnologías que ya están en uso. Por lo tanto, integrar una solución blockchain con los sistemas existentes de los participantes en la cadena de suministro puede ser un desafío debido a la diversidad de plataformas y tecnologías en uso.

El desarrollo de estándares y protocolos de interoperabilidad puede facilitar la integración entre diferentes sistemas y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro. Este es un desafío cada vez más recurrente y requiere atención para garantizar una adopción exitosa de las tecnologías en el sector agropecuario.

Conclusiones y aportes al tema

El objetivo de este estudio fue realizar una investigación exhaustiva en la literatura sobre técnicas de trazabilidad y tecnologías blockchain, y su combinación en el sector agropecuario. La trazabilidad es un campo que ha sido ampliamente estudiado a lo largo de los años, con varias regulaciones, directivas y leyes en todo el mundo relacionadas con la trazabilidad de productos agroalimentarios.

En Argentina, como país exportador, el seguimiento de un sistema de trazabilidad adecuado ofrece grandes ventajas para los operadores económicos, los

consumidores y la administración empresarial. Además de cumplir con los requisitos legales, un sistema de trazabilidad efectivo permite una gestión ágil en situaciones de crisis, reduce los daños en la imagen comercial de la marca y brinda transparencia en la cadena de suministro. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por entidades como el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) para mejorar los sistemas de trazabilidad en Argentina, aún persisten desafíos en este campo.

Por otro lado, aunque la tecnología blockchain ha sido objeto de extensa investigación en la última década, solo en los últimos años han surgido algunos estudios sobre la implementación de blockchain en sistemas de trazabilidad ganaderos. Las soluciones basadas en blockchain para las cadenas de valor de la carne están en sus primeras etapas de desarrollo, enfrentando desafíos en la integración de múltiples actores de la cadena y en la escalabilidad.

La tecnología blockchain ofrece un potencial prometedor para transformar las cadenas de valor modernas al proporcionar una plataforma segura, descentralizada y transparente para el intercambio de datos. Sin embargo, su implementación conlleva desafíos como la integración de diversos actores y la consideración de regulaciones y aspectos técnicos.

La tendencia creciente de los consumidores de valorar la trazabilidad y la transparencia en los productos que consumen presenta oportunidades significativas para la implementación de blockchain en las cadenas de suministro. Los productores pueden beneficiarse al diferenciar sus productos y ofrecer una mayor confianza a los consumidores al demostrar las buenas prácticas en la producción pecuaria.

A pesar de las promesas de la tecnología blockchain, su implementación efectiva requiere un enfoque colaborativo entre el sector público y privado, así como una evaluación cuidadosa de la viabilidad y los costos asociados. Además, es necesario considerar el impacto potencial en la cadena de suministro y explorar formas de integrar la blockchain con otras tecnologías emergentes para maximizar su potencial.

En conclusión, la implementación de tecnologías como blockchain e interfaces QR en la trazabilidad de carnes presenta oportunidades significativas para mejorar la transparencia y eficiencia en la cadena de suministro ganadera. Sin embargo, se requiere un enfoque integral y colaborativo para superar los desafíos técnicos, regulatorios y operativos y garantizar que todos los actores de la cadena se beneficien de estas innovaciones. En futuras investigaciones, se podría profundizar en el análisis de la viabilidad y el impacto de estas tecnologías, así como en su integración con otras soluciones tecnológicas para impulsar aún más la transformación de la industria agroalimentaria.

Bibliografía

- Addison, C., Boto, I., Heinen, T., & Lohento, K. (2019). *Opportunities of Blockchain for agriculture*. <http://brusselsbriefings.net>
- Albornoz, I. (2006). *Software para el sector agropecuario*.
- Aráoz, L. F. (2004). *Trazabilidad de la Carne Bovina en la Argentina*.
- Bacchetta, A. v. B., Krümpel, V., & Cullen, E. (2021). Transparency with Blockchain and Physical Tracking Technologies: Enabling Traceability in Raw Material Supply Chains. *Materials Proceedings*, 5, 1–12. <https://doi.org/10.3390/materproc2021005001>
- Bisang, R. (2003). *Eficiencia y redes productivas: La industria de las carnes en Argentina*.
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2023). The Role of Blockchain Technology in Promoting Traceability Systems in Agri-Food Production and Supply Chains. *Sensors*, 23(11). <https://doi.org/10.3390/s23115342>
- Bragachini, M. (2018). Problemas y oportunidades de argentina frente a las nuevas reglas comerciales y tecnológicas agtech y bigdata que irrumpen en los procesos de bioeconomía. In *17° CURSO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE PRECISIÓN* (pp. 8–33).
- Brini, M. (2023). *The Digital Transformation of Food Systems Artificial Intelligence and otherdigital opportunities in the modern Food Systems*. <https://www.researchgate.net/publication/373718966>
- Bula, A., & Gonzalez, R. V. (2023). *Sector ganadero 2023*.
- Callegaris, P. (2017). Un análisis de la composición y estructura de la cadena de carne bovina argentina: procesos y actores. *Apuntes Agroeconómicos*, 11(16), 1–35.
- Castillo Leska, A., Castillo, F., & Castro Blandón, C. (2022). *Casos de uso de blockchain en las cadenas de valor agropecuarias: América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Casos-de-uso-de-blockchain-en-las-cadenas-de-valor-agropecuarias-America-Latina-y-el-Caribe-.pdf>
- Crosby, M., Nachiappan, Pradan, P., Sanjeev, V., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2, 6–19.
- Dalton, D., Day, A., Leonowicz, C., Connaughton, A., & McManus, J. (2018). *Beefing Up Blockchain: How Blockchain can Transform the Irish Beef Supply Chain*.
- Demestichas, K., Peppes, N., Alexakis, T., & Adamopoulou, E. (2020). Blockchain in agriculture traceability systems: A review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(12), 1–22. <https://doi.org/10.3390/APP10124113>
- Dos Santos, R. B., Torrisi, N. M., & Pantoni, R. P. (2021). Third party certification of agri-food supply chain using smart contracts and blockchain tokens. *Sensors*, 21(16). <https://doi.org/10.3390/s21165307>

- Estado del arte de Blockchain en la empresa española.* (2019).
- García, M., & Villa, S. (2023). Capital agroindustrial y transformaciones de la ganadería bovina pampeana, Argentina. *Mundo Agrario*, 24(56).
<https://doi.org/10.24215/15155994e213>
- Garro, R., & Tallarico, G. (2022, May). Ganadería de precisión: innovaciones tecnológicas que agregan valor a la ganadería. *IDIA21. Año 2 N.º 1*, 21–27.
- Green, R. (2007). *Trazabilidad de carnes en el mercado mundial : plataforma tecnológica regional hacia el fortalecimiento competitivo de la cadena de carne bovina en la región del MERCOSUR ampliado.*
- Green, S., & Flanagan, T. (2018). *Decentralized Agriculture: Applying Blockchain Technology in Agri-Food Markets* [Master]. University of Calgary.
- Guzmán, M. M., Morra, F., Storti, L., Eugenia De Zavaleta, M., & Sacco, E. (2021). *Ganadería y Carne Vacuna.*
- Halachmi, I., & Guarino, M. (2016). Editorial: Precision livestock farming: A “per animal” approach using advanced monitoring technologies. In *Animal* (Vol. 10, Issue 9, pp. 1482–1483). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001142>
- Handforth Calum, Desai Gandhar, Hulagadri Adithya Venkatadri, Hoo Bing Xu, Lo Chik Him, Ling Jia Shin, Sim Megan, Lie Rhys, Ruiz Carlo, Green James, Sieber Christian, Srinivasaraghavan Krishnan, & Chin Shiang-Wan. (2021). *Blockchain for agri-food traceability.*
- Heinz, G., Amamoto, K., Herenda, D., Chambers, P. G., Seneviratna, P., da Silva, T. J., & Ettriqui, A. (2007). *Buenas practicas para la industria de la carne.*
- INECO. (2023). *Consumo de carne vacuna.*
- Kamath, R. (2018). Food Traceability on Blockchain: Walmart’s Pork and Mango Pilots with IBM. *The JBBA*, 1(1), 47–53. [https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-\(10\)2018](https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-(10)2018)
- Kim, M., Hilton, B., Burks, Z., & Reyes, J. (2018). Integrating Blockchain, smart contract-tokens, and IoT to design a food traceability solution. *IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 335–340. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/IEMCON.2018.8615007>
- Kshetri, N. (2022). *The rise of blockchains: disrupting economies and transforming societies.* Edward Elgar Publishing Limited.
<https://doi.org/https://doi.org/10.4337/9781802208177>
- Lachman, J., Braude, H., Monzón, J., López, S., & Gómez-Roca, S. (2022). *El potencial del agro 4.0 en Argentina: Diagnóstico y propuestas de políticas públicas para su promoción.*

- Mercuri, F., della Corte, G., & Ricci, F. (2021). Blockchain technology and sustainable business models: A case study of devoleum. *Sustainability*, *13*, 5619. <https://doi.org/10.3390/su13105619>
- Ministerio de Agricultura, G. y P. (2021). *Plan Ganadero Nacional Una propuesta federal para el desarrollo de la ganadería bovina*.
- Moore, C., & Graham, L. (2021). *Final report Argyle Case Study for the Development and China Launch of Chilled Retail Ready Australian Meat (Stage 2)*. <https://www.mla.com.au/research-and-development/reports/2020/farm-gate-to->
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://Bitcoin.Org/Bitcoin.Pdf>. www.bitcoin.org
- Nicola, C., & Trabucchi, D. (2021). *Blockchain for traceability: real use cases from agri-food industry* [Master]. Politecnico di milano.
- Paolilli, M. C., Cabrini, S. M., & Fillat, F. A. (2023). *La cadena de carne vacuna en Argentina. Periodo 2000-2022*. <https://inta.gob.ar/documentos/in>
- Patel, A. S., Brahmbhatt, M. N., Bariya, A. R., Nayak, J. B., & Singh, V. K. (2023). Blockchain technology in food safety and traceability concern to livestock products. *Heliyon*, *9*(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16526>
- Patelli, N. (2022). *Blockchain-based traceability of the food supply chain: consumer perception and a case study* [Dottorato]. Universidad de Módena y Reggio Emilia.
- Rearte, D. (2007). *La producción de carne en Argentina*.
- Remedi, J. F., & Stanham, F. (2021). *Mejora de la cadena de suministro por aplicación de blockchain*.
- Sánchez Villagrán, R. H. (2008). *Introducción a la trazabilidad: un primer acercamiento para su comprensión e implementación*. El Escriba.
- Santos Valle, S., & Kienzle, J. (2020). AGRICULTURE 4.0: Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. *FAO - Integrated Crop Management*, *24*.
- Satpal, S. (2022). Consensus algorithms in blockchain technology: A comparative study. *Asian Journal of Multidimensional Research*, *11*(10), 43–48.
- Sylvester, G. (2019). *E-Agriculture in action: Blockchain for agriculture - Opportunities and Challenges*. <http://handle.itu.int/11.1002/pub/8129545a-en>
- Tholen, J., de Vries, D., Daluz, A., Antonovici, C.-C., Van Brug, W., & Abelson, R. (2019). *Is there a role for blockchain in responsible supply chains?* www.oecd.org/finance/oecd-blockchain-policy-forum.htm
- Treboux, J. (2019). *El uso de la tecnología Blockchain en la trazabilidad de carne vacuna*.
- Tripoli, M., & Schmidhuber, J. (2018). *Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry Agriculture*.

United Nations Food and Agriculture Organization, How To Feed The World In 2050 (Rome: The United Nations, 2009).

Urbancic, N. (2024, January 22). The Greenwashing Effect of GWP: The New Methane Metric Pushed by Big Agriculture. AgFunderNews.
<https://agfundernews.com/guest-article-the-greenwashing-effect-of-gwp-the-new-methane-metric-pushed-by-big-agriculture>

Xiong, H., Dalhaus, T., Wang, P., & Huang, J. (2020). Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale. *Frontiers in Blockchain*, 3.
<https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00007>