

## Propuesta de aplicación de Blockchain a la cadena de producción porcina en Misiones

Gonzalo Sebastián Pallotta<sup>1</sup>[0009-0006-2538-8250]

<sup>1</sup> Magister en Administración Estratégica de Negocios. Universidad Nacional de Misiones - Facultad de Ciencias Económicas (UNaM - FCE)  
pallottags@gmail.com

**Resumen.** Las organizaciones se encuentran atravesando la cuarta revolución industrial, la industria alimentaria no se encuentra exenta a este fenómeno, sumado a una creciente demanda del público en tener trazabilidad desde el origen de lo que se consume. Se observa a la industria porcina como un mercado para llevar adelante esto, dado su situación en alza tanto a nivel país como en la provincia de Misiones y hacer uso de la tecnología podría ser la respuesta. Por ello, en el presente artículo, se realiza la propuesta de una cadena de producción trazable por medio de Blockchain para la industria porcina misionera, a fin de lograr un registro inalterable y consistente del orden, secuencia y tareas que se realizan en cada eslabón de la cadena productiva. Para esto, se hace uso de revisión de bibliográfica existente en la materia y entrevistas a distintos expertos, dando como resultado adicional un análisis de factibilidad de su aplicación desde aspectos tecnológicos, técnicos y económicos.

**Palabras claves:** Blockchain, NFT (*Non-Fungible Token*), Cadena de suministro, Producción porcina, QR (*Quick Response*).

## Blockchain application proposal to the pork supply chain in Misiones

**Abstract.** Organizations are going through the fourth industrial revolution, the food industry is not exempt from this phenomenon, added to a growing public demand for traceability from the origin of what is consumed. The pork industry is seen as a market to carry this out, given its rising situation both at the national level and in the province of Misiones and making use of technology could be the answer. Therefore, in this article, a traceable production chain is proposed through Blockchain for the Misiones pork industry, in order to achieve an unalterable and consistent record of the order, sequence and tasks carried out in each link of the production chain. For this, a review of existing bibliography on the subject and interviews with different experts are used, resulting in an additional feasibility analysis of its application from technological, technical and economic aspects.

**Palabras claves:** Blockchain, NFT (*Non-Fungible Token*), Supply chain, Pork production, QR (*Quick Response*).

## **1 Introducción**

### **1.1 Contexto**

Con la concepción del término Industria 4.0 durante la Feria Industrial llevada a cabo en Hannover, Alemania en 2011 (Schayan, 2014), a partir de entenderse -en términos teóricos- que: la primera revolución industrial introdujo la automatización; la segunda revolución industrial la producción en masa; la tercera revolución industrial implementó el uso de robots; actualmente se encuentra en un nuevo paradigma de producción inteligente, por ende, da como resultado una nueva revolución. A partir de ello, todas las empresas, independientemente de su tamaño o alcance, se han visto -y aún continúan- inmersas dentro de la cuarta revolución industrial.

En cuanto a la situación particular de Argentina en lo que se refiere a adopción de esta nueva revolución industrial, se encuentra en una etapa de madurez de recursos tecnológicos, a partir del desarrollo local de la tecnología referente al hardware y software necesario para la implementación, como humanos formados en las distintas áreas que involucra este cambio.

Desde la perspectiva de la provincia de Misiones, esta ha adherido a la Ley Nacional que promueve la economía del conocimiento con el objetivo de diversificar la matriz productiva de la provincia y la generación de nuevos empleos vinculados a nuevas capacidades técnicas y científicas.

Adicionalmente, en julio de 2021 la Cámara de Representantes de la provincia aprobó el Programa Misionero de Innovación Financiera con Tecnología Blockchain y Criptomoneda con una visión estratégica acerca de la importancia que tiene esta tecnología y su aplicabilidad a la gestión pública y privada. Más allá de su aplicación financiera, cabe destacar uno de los objetivos que posee el proyecto que es aplicable a cualquier ámbito y sector.

Como se ha expresado, todas las industrias se han visto inmersas y, por ende, afectadas por esta nueva revolución industrial. En particular, la industria alimenticia se ha valido de la necesidad de herramientas confiables y robustas disponibles en era de la Industria 4.0, principalmente, con la necesidad de transparentar la totalidad de la cadena de producción -desde la materia prima hasta el consumidor .

### **1.2 Problemática**

Considerando la importancia de mejorar la industria alimentaria, los distintos Estados aumentan constantemente los controles y efectúan cambios regulatorios en los productos elaborados tanto dentro de su territorio como los que ingresan de otros mercados. Todo ello con la finalidad de obtener productos de mejor calidad, de manera que se reduzcan los riesgos sanitarios y los consumidores cuenten con la mayor información posible acerca del origen. De esta manera, es imperativo el uso de las herramientas tecnológicas con las que se cuentan para lograrlo de manera eficiente.

En particular, la provincia de Misiones también se encuentra en un proceso de crecimiento, pero en vistas -principalmente- de producción orientada al mercado interno.

En lo que respecta a los productores lo realizan a distintas escalas, desde aquellos que lo realizan de manera intensiva como aquellos que lo desarrollan artesanalmente.

Con lo hasta aquí expuesto, se presenta la situación de la inexistencia de una formalización en el proceso de producción que llevan a cabo los distintos productores porcinos y los distintos eslabones que participen en la cadena productiva, por ende, es notoria la problemática de falta de transparencia en la información sobre el origen y etiquetado de los productos de origen porcino provenientes de la región.

### **1.3 Hipótesis**

A través de la aplicación de Blockchain a la cadena de producción porcina se logrará contar con un registro íntegro, seguro, confiable durante cada etapa del proceso productivo. Siendo esta factible desde los aspectos técnicos, tecnológicos y económicos para los productores. Además, aportará un diferencial de calidad al producto al contar con transparencia acerca del origen.

### **1.4 Metodología**

El presente trabajo se desarrolla según su alcance de los resultados como aplicado porque, a partir de las herramientas existentes, busca su aplicación a un campo específico como ser: la cadena de producción porcina de la provincia de Misiones. En cuanto al alcance de los objetivos del documento, el mismo es descriptivo porque pretende poner de manifiesto -a modo de diagnóstico- la cadena productiva ideal y que resulte como una recomendación generalizada para los productores locales.

En lo que respecta a la fuente de datos, en primera instancia, se vale de fuentes secundarias en las cuales se lleva a cabo el análisis y extracción de conocimiento de bibliografía e investigaciones referentes a la temática abordada. Luego, se recurre, no solo a las fuentes secundarias que definen las buenas prácticas sino, también, a fuentes primarias con la utilización de técnicas de entrevistas con distintos actores de la cadena.

### **1.5 Aporte**

Desde esta investigación se contribuirá en la definición del orden, secuencia y tareas a realizarse dentro de cada eslabón de una cadena productiva de la industria porcina en la provincia de Misiones, a partir de tomar en cuenta la escala y consideraciones locales, esta sea aplicada a todos los productores.

Luego, considerando la cadena propuesta, se definirá los datos -dentro de cada etapa- a capturar que aseguren la trazabilidad del producto desde su inicio hasta la comercialización. Y, que todos estos, se almacenen de manera única e inalterable por medio de cadenas de bloques, dando como resultado un mecanismo para demostrar la calidad del alimento producido por la industria y que los intermediarios o consumidores puedan asegurarse de ello.

## 2 Estado del Arte

### 2.1 Antecedentes

En cuanto a la aplicación de Blockchain a la industria agroalimentaria y su cadena de producción es posible considerar al estudio de (Kamilaris et al., 2019; Kayikci et al., 2020) que presenta una investigación -a nivel global- acerca de distintas aplicaciones, iniciativas o proyectos según el alimento y el objetivo con el cual se ha empleado esta tecnología en cada caso. Entre las industrias destacadas se encuentran: café, arroz, pollo, cannabis, mango.

Específicamente sobre la aplicación de Blockchain a la cadena de producción de la industria porcina, el mercado pionero en la implementación de tecnología para mejorar la seguridad y calidad de los productos fue China, que es tanto el mayor importador como el productor de -casi- la mitad de los cerdos a nivel mundial (Gale, 2017).

### 2.2 Marco Conceptual

**Cadena de Suministro.** Se entiende a la cadena de suministro como un sistema coordinado de organizaciones, personas, actividades, información y recursos relacionados en el abastecimiento y provisión de un producto o servicio al consumidor.

En lo que respecta a la cadena de suministro alimentaria, a nivel mundial, se presenta como distribuida y con numerosos actores diferentes involucrados, entre ellos: agricultores/ganaderos, transportistas, almacenadores, distribuidores, intermediarios, tiendas mayoristas y minoristas.

**Trazabilidad.** Existen numerosas definiciones de trazabilidad en la literatura, pero, acorde a lo presentado en (Dabbene et al., 2014), todas ellas refieren a la habilidad de garantizar que los productos sean transportados a lo largo de la cadena de suministros, cumpliendo los siguientes criterios:

- **Seguimiento:** A partir de reconstruir todo el camino del producto hasta el inicio de la cadena.
- **Rastreo:** La posibilidad de determinar el origen y las características particulares de cada producto, obtenidas en cada etapa de la cadena.

**Blockchain.** También conocido como cadenas de bloques, es un concepto introducido en el año 2008 por el -hasta el momento- desconocido Satoshi Nakamoto presentado en (Nakamoto, 2008), en el que se combinan recursos digitales y un sistema de medio de pagos entre pares.

En términos técnicos, es una base de datos distribuida utilizada para replicar, compartir y sincronizar datos a lo largo de diferentes ubicaciones geográficas. De allí proviene una de las principales características de esta propuesta, que es la inexistencia de una centralización en la administración o almacenamiento de los datos, sino que estos se almacenan a lo largo de la red entre pares, por ende, de manera descentralizada.

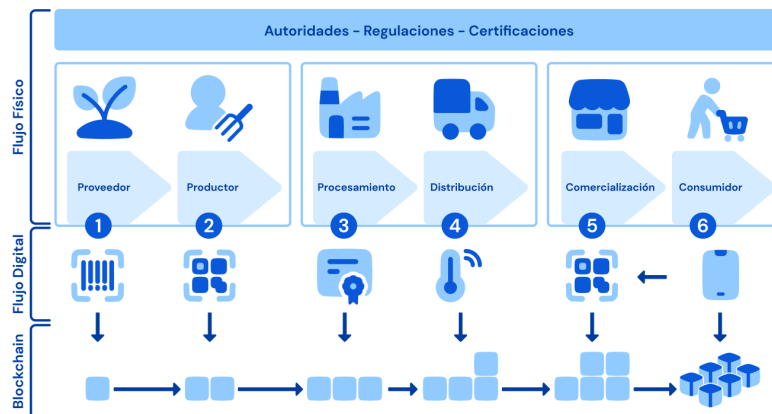
*Token.* Son representaciones tangibles -o visibles- de un hecho, cualidad o cualquier cosa de valor pudiendo cumplir una serie de roles en su ecosistema. En el mundo del Blockchain, estos se clasifican en:

- **Token Fungible:** Estos tokens son construidos de manera que cada fracción es equivalente a otra.
- **Token no Fungible:** También conocidos como NFT (Non-Fungible Token, en español Token no fungible), representan un ítem único y coleccionable.

*Smart Contract.* También conocido como contrato inteligente, son acuerdos digitales que se almacenan en la red Blockchain y se ejecutan automáticamente cuando acuerdos o condiciones predeterminadas se cumplen (IBM, 2024).

*Aplicación en Industria Alimentaria.* La importancia de Blockchain en la industria alimentaria está -principalmente- orientada hacia la trazabilidad y transparencia en la cadena de producción, con la finalidad de obtener productos que garanticen y verifiquen su seguridad alimentaria, cadena de custodia y digitalización para todos los stakeholders intervinientes.

En la Figura 1, se visualiza un resumen de la aplicación de Blockchain en la cadena de suministro de alimentos presentado en (Kamilaris et al., 2019). En la capa superior, se presentan los actores en cada etapa de la cadena, mientras que en la capa intermedia se observan todas las tecnologías intervinientes, todos ellos interactuando vía internet. Finalmente, todos estos datos recolectados se almacenan en bloques inmutables que serán compartidos y validados por todos los participantes, como se visualiza en la última capa.



**Figura 1.** Simplificación de la Cadena de Producción Alimentaria con Blockchain (Kamilaris et al., 2019).

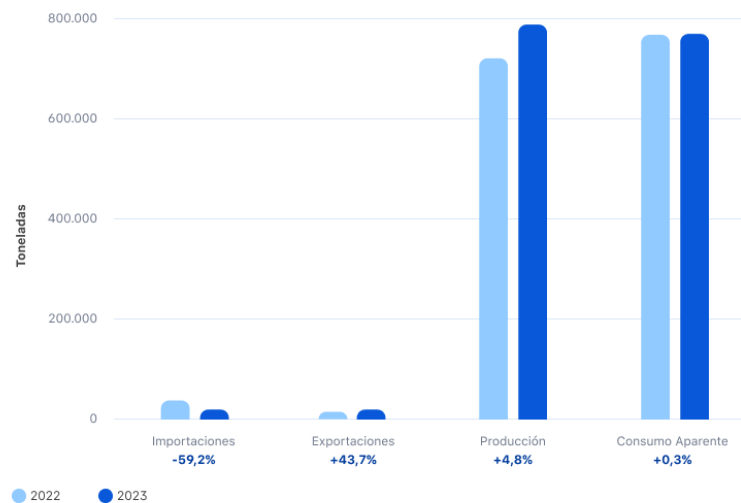
**Producción Porcina en Argentina.** A partir de la devaluación de la moneda argentina ocurrida en el año 2002, la producción de cerdos en el país ha tenido un camino de crecimiento que lo han llevado a un continuo desarrollo y consolidación. Esto se debió

a que las condiciones macroeconómicas en las que se desarrolla esta producción mejoraron a causa del incremento en el costo de la importación y, acompañado de, la mejora de los precios internos.

En el país, se han destacado los sistemas de producción a pequeña y mediana escala (considerada entre 10 a 200 madres), en los que se destaca una mayor interacción local entre productores locales y utilización de mano de obra regional, como así también, un mayor interés por aspectos ambientales y el bienestar animal.

Acorde a lo presentado por la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR) en publicaciones de (Ramseyer & Calzada, 2024; Treboux & Terré, 2023) y datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, se resaltan los siguientes aspectos para el año 2023, encontrándose un resumen gráfico del mismo en la Figura 2, a saber:

- El faenado y producción porcina presentó un crecimiento del 4,8%.
- Las exportaciones incrementaron un 43,7%.
- En cuanto a las importaciones, registraron una caída del 59,2% con respecto al 2022.
- El consumo aparente total representó un aumento del 0,3%.
- El consumo tuvo una disminución anual inferior al 3%.



**Figura 2.** Comparación interanual de la industria porcina argentina (2023 - 2022) (Ramseyer & Calzada, 2024; Treboux & Terré, 2023).

**Producción Porcina en Misiones.** Considerando las particularidades de la provincia, se puede configurar como una zona atípica dentro del perfil de similares zonas dentro del país, más específicamente lo que concierne al asentamiento tanto de pequeños y medianos productores rurales.

Más allá de esto, acorde a lo expresado desde la subsecretaría de Desarrollo y Producción Animal del Ministerio del Agro (Torres, 2021), la provincia es una protagonista

en el sector a nivel nacional, tomando como referencia el trabajo realizado por la cooperativa frigorífica de Leandro N. Alem, al ser un ejemplo de integración en la cadena de producción completa, desde la alimentación hasta la distribución final.

Desde la representación de la composición de la industria porcina provincial en el contexto nacional, acorde a datos de la Secretaría de Bioeconomía (Ministerio de Economía de la República Argentina, 2024), durante el año 2023, Misiones tuvo una participación del 1,29% sobre el total de porcinos nacional. Como así también, desde la estructura de establecimientos dedicados a la industria, cuenta con 4 operadores -principalmente, orientados hacia la cooperativa de Leandro N. Alem- que representan -aproximadamente- 30% del total para la región del noreste argentino.

### **3 Análisis de las entrevistas**

Se procede a relevar una empresa misionera del sector porcino con el fin de extraer y definir los pasos de la cadena productiva susceptibles de ser registrados y los datos necesarios en cada etapa. Luego, para conocer la factibilidad de soluciones de trazabilidad, aplicabilidad de su registro por medio de Blockchain y las implicancias económicas que conllevan estas decisiones, se recurre a entrevistar a más de 10 personas expertos en: tecnología Blockchain; promoción de aplicaciones tecnológicas a la agroindustria y productores que hacen -o hicieron- uso de tecnologías de trazabilidad en sus productos.

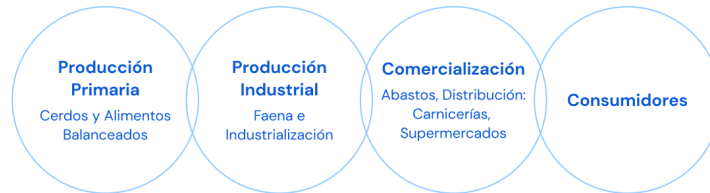
#### **3.1 Empresa misionera**

Para el relevamiento de la industria porcina misionera, se ha optado por la Cooperativa Frigorífica Leandro N. Alem Ltda. (COFRA) por medio de entrevista al Gerente de Producción Primaria de la organización, el médico veterinario Sergio Marcelo Peñalva. Como se ha mencionado en anteriores secciones, esta empresa es uno de los mayores exponentes de la industria a nivel provincial y destaca en el país dado su sistema de producción.

En primer lugar, conociendo la organización, COFRA es una empresa cooperativa que desde -su refundación en- el año 1989 implementa un Sistema de Producción Agroindustrial Integrado, vinculando la Producción Primaria (granos, porcinos y bovinos), con la Producción Industrial (alimentos balanceados, faena de porcinos y vacunos, cortes frescos, embutidos y chacinados) y su posterior comercialización. En la actualidad, su participación en el mercado de la provincia de Misiones corresponde a un 25% de las ventas de chacinados y un 25% de cortes frescos.

En términos productivos, la organización conforma una completa y verdadera cadena de valor. Acorde a lo que expresan, constituyen el único sistema de integración productiva cooperativa -de cerdos- de todo el territorio nacional. Esto ha permitido que se posicionen como una de las industrias más importantes de elaboración de alimentos de consumo humano del norte argentino.

Una representación de la cadena de valor que integra la cooperativa se visualiza en la Figura 3. Mientras que se extiende la cadena de valor de la cooperativa, más específicamente de la producción primaria que realiza, en la Figura 4.



**Figura 3.** Cadena de valor (COFRA).



**Figura 4.** Cadena de valor – Producción Primaria (COFRA).

Profundizando en las etapas que conllevan los procesos de transformación de COFRA, en la Tabla 1 se realiza un detalle de cada proceso y las etapas que la comprenden.

**Tabla 1.** Procesos y etapas de producción (COFRA).

Proceso	Etapas
Primario	Producción de maíz.
	Producción de alimento balanceado.
	Producción de cerdos.
Secundario	Promoción de ganadería vacuna.
	Faena de cerdos.
Terciario	Faena de vacunos.
	Desposte e industrialización.
Comercialización	Elaboración de fiambres
	Venta de productos.

### 3.2 Representantes de otros sectores

Para analizar el conocimiento acerca de: la aplicación de la tecnología Blockchain y las posibilidades que da su uso; la visión técnica de la implementación de trazabilidad y; el desafío económico que conlleva su aplicación se recurrió a: representantes de la industria Blockchain de Argentina y Latinoamérica, entre ellos, propietarios de empresas que tienen soluciones destinadas a trazabilidad; productores que hacen o hicieron uso de tecnología para dar seguimiento a sus procesos; asesores y promotores de la tecnología en la agroindustria (AgTech).

A continuación, se pone de manifiesto algunos de los puntos recopilados de los actores entrevistados, teniendo en consideración los conocimientos que se pretenden obtener de ellos para este documento.

- **Acerca de la tecnología:** Se visualiza que, en la mayoría de los países, comienzan a surgir organizaciones que usan Blockchain de diferentes maneras empresarial, de la mano de regulaciones que permiten su uso. Principalmente, en materia para dar testigo a transacciones, más que como uso financiero.
- **Acerca de la factibilidad técnica:** Uno de los mayores requisitos es que las soluciones de trazabilidad basadas en Blockchain sean adoptadas por todos los jugadores de la cadena de suministro de alimento. Es importante articular una correcta cadena de incentivos (en cada uno de los eslabones) para lograr una adopción extensa de estas tecnologías.
- **Acerca de la factibilidad económica:** La inversión no es muy alta, es más una decisión de procesos dentro de la empresa, con un *software* relativamente muy barato, pero el mercado todavía no generó una plusvalía por esta información de los productos que se están comercializando, si un interés y una valoración tanto cualitativa como de marketing, pero no económica.

## 4 Propuesta

En este apartado, se caracterizarán los pasos -mínimos- necesarios para contar con trazabilidad en la cadena productiva de la industria porcina, teniendo énfasis en las particularidades de la provincia de Misiones, destacándose que los productores -de pequeña a gran escala- poseen una integración completa de la cadena productiva, llegando hasta la carnicería o consumidor final.

### 4.1 Etapas

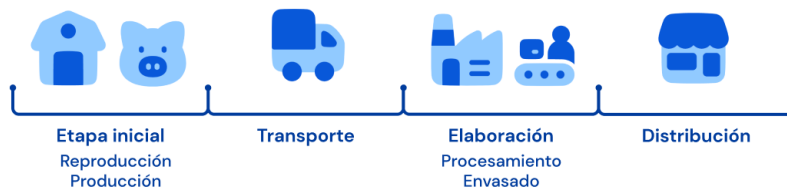
En la Tabla 2, se realiza un detalle de cada una de las etapas que incluye la cadena propuesta para incluir trazabilidad basada en tecnología.

**Tabla 2.** Etapas – Cadena de producción propuesta.

Paso	Etapas	Descripción
1	Reproducción	Esta etapa marca el inicio de la cadena y la creación del registro del animal, se registran los datos referentes al origen, ubicación y evolución durante todo este proceso.
2	Producción	Aquí se encuentra en criaderos, se deberá registrar -con una periodicidad predeterminada- desde el crecimiento del animal hasta certificaciones veterinarias, como ser: vacunación y los tratamientos que recibe.
3	Transporte	Dentro de esta etapa se registra todo el proceso desde la ubicación del criadero hasta la planta, asegurando la integridad y calidad del animal.
4	Procesamiento	En esta instancia, se debe mantener registro de qué animal se realiza cada corte o es utilizado en la elaboración de embutidos.

Paso	Etapas	Descripción
5	Envasado	Aquí debe ser añadida la información del momento en que se lo realiza, información nutricional y, todo ello, manteniendo la integridad del dato de su origen. De esta manera, se asegura que el consumidor final pueda verificar la procedencia del producto
6	Distribución	En esta etapa final de la cadena, sea que se realice a los puntos de comercialización propios del productor o a terceros, es valioso registrar los inherentes a la transacción.

Con lo hasta aquí presentado, en la Figura 5 se grafica -de manera simplificada- las distintas etapas de la cadena de producción propuesta producto del trabajo de investigación.



**Figura 5.** Cadena de producción propuesta.

Es posible destacar que, a partir de la cadena propuesta, se realiza una división e identificación de cada una de las etapas que involucran a la producción de la industria porcina. Además, esto posibilita una marcada segmentación de las responsabilidades de cada actor que se involucre en los pasos establecidos, como así también, una correcta transferencia de la propiedad del activo.

## 4.2 Tecnología

El presente trabajo no solo pretende caracterizar una cadena de producción aplicable a la industria porcina de la provincia de Misiones, sino que la misma sea desplegada en una solución que lleve adelante su trazabilidad haciendo uso de la tecnología. En términos generales, para ello se propone valerse de tecnologías descentralizadas para establecer un sistema que duplique las transacciones físicas de forma digital en la red Blockchain. Esto tendrá que ser transparente -horizontalmente- a toda la cadena y que sus actores puedan interactuar en ella, de forma segura y confiable.

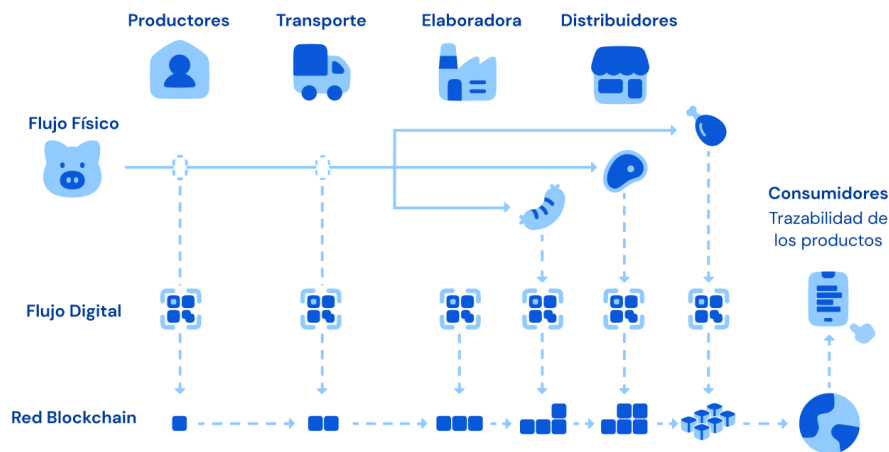
**Representación.** Se llevará adelante la *tokenización* NFT (proceso de crear una representación digital de un activo y realizar un seguimiento de su propiedad mediante tokens digitales) por cada cerdo a criar, de esta manera se logra la representación del activo físico en par digital, como se presenta en la Figura 6, que será verificado en la Blockchain y permitirá el registro e intercambio del activo. Dado que el token es digital, la propiedad y la transferencia de activos serán rastreables en la red.



**Figura 6.** Tokenización del animal.

**Registro.** Los tokens se pueden transferir y mover a lo largo de la representación digital de la cadena de producción, lo que permite que los actores en cada etapa vean e interactúen con ese activo *tokenizado*.

La transferencia desencadena una serie de eventos que actualizan el estado de ese activo dentro del ecosistema de contratos inteligentes. De modo que, cuando un activo se mueve en el mundo real, el token registra la ruta histórica de propiedad y otros datos relevantes. Todo este flujo se representa -de manera resumida- en la Figura 7.



**Figura 7.** Flujo de transferencia del token en la cadena propuesta.

A medida que los activos se mueven entre etapas (que incluyen a las personas e instalaciones en las que se desarrollan los eventos), se deberá complementar las transacciones haciendo uso de *smart contracts* para administrar y almacenar todo el historial del activo mediante el seguimiento de las transferencias entre entidades. Para ejecutar cualquier transacción, el propietario del activo debe firmar digitalmente una transacción con una clave privada y, en esa instancia, se realiza la transferencia del token al siguiente responsable.

En la Tabla 3 se presentan los datos -mínimos- generados en cada instancia y permitirá contar con una trazabilidad de cada animal.

**Tabla 3.** Datos por registrar en cada etapa de la cadena propuesta.

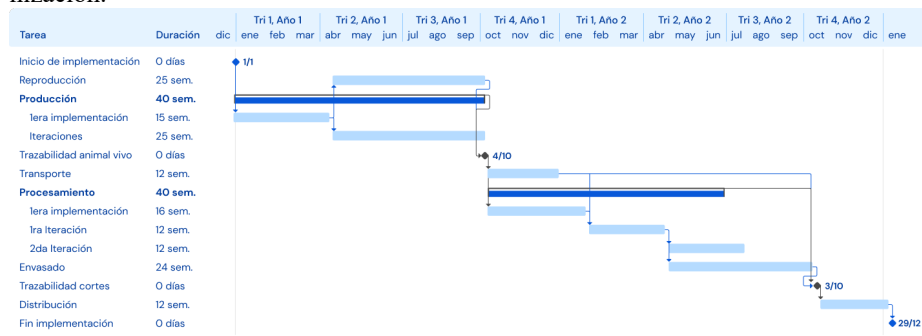
Bloque	Etapas	Descripción
1	Reproducción	Ubicación; Genética; Profesional responsable.
2	Producción	Ubicación; Alimentación; Salud (veterinario responsable, tratamientos recibidos, fecha, peso).
3	Transporte	Ubicación (origen y destino); Fecha (egreso e ingreso); Vehículo; Responsable.
4	Procesamiento	Ubicación (planta procesadora); Fecha (procesamiento); Condiciones de almacenamiento.
5	Envasado	Ubicación; Fecha (envasado y consumición sugerida); Corte; Información nutricional; Peso.
6	Distribución	Ubicación (origen y destino); Fecha; Lote; Distribuidor.

Desde luego, todos los datos indicados son los mínimos y recomendables para obtener una trazabilidad que garantice el origen del producto a consumir, pero, según las posibilidades e inversión a realizar es posible complementar haciendo uso de IoT (*Internet of Things*, en español Internet de las cosas) que registre otros datos como ser: ubicaciones y rutas realizadas; temperatura; humedad.

### 4.3 Implementación

El éxito de la implementación de una solución de este tipo depende de cuan comprometidos se encuentran cada uno de los actores involucrados en la cadena de producción. Por ende, dependiendo al porcentaje de integración que tenga una empresa, facilitará -en mayor medida- la puesta en marcha de un proyecto de esta índole.

Para este proyecto, se realiza una propuesta de integración e interacción en todas las etapas de la cadena a partir de una planificación adecuada y división ordenada de tareas. Al finalizar cada una de las tareas, se podrá abordar la solución de trazabilidad por medio de Blockchain de manera sencilla, al segmentar las responsabilidades y transferir -correctamente- la propiedad del activo tanto físico como digital. En la Figura 8 se visualiza un diagrama de Gantt en el que se presenta una planificación de para una organización.



**Figura 8.** Diagrama de Gantt – Implementación de la cadena propuesta.

#### 4.4 Factibilidad

En este apartado se realiza un análisis de la factibilidad de la solución presentada, considerando los aspectos de la tecnología propuesta, las implicaciones técnicas que conlleva su implementación y la faceta económica que conlleva su aplicación.

**Factibilidad tecnológica.** El uso de Blockchain para realizar la trazabilidad de los cerdos desde su etapa inicial hasta la góndola es posible porque existen industrias que hacen aplicaciones similares y, en el mercado, existen herramientas desarrolladas para tal fin. Además, estas hacen uso de conceptos tales como NFT para dar la cualidad de único a cada elemento -en este caso, cerdos- y *smart contract* para garantizar la correcta ejecución del traslado de propiedad y responsabilidades.

**Factibilidad técnica.** Antes de considerar cualquier modificación -en este caso asociado a la aplicación de tecnología en la trazabilidad- y que la misma tenga un impacto real dentro de los actores, estos tienen que adoptar un cambio cultural que promueva el nuevo paradigma, sino será una adopción superficial sin una transformación real y cayendo en -un potencial- implementaciones parciales o su -rápida- obsolescencia.

Esta solución no impide la existencia de malos actores, ya sea por adulterar sus procesos o ingresen datos falsos, pero la trazabilidad por medio de la tecnología de Blockchain permite que estos queden evidenciados de manera más sencilla y tenga su rastro en toda la cadena de cada uno de los cerdos -y sus derivados- producidos.

**Factibilidad económica.** Retomando lo expresado en anteriores puntos, en la actualidad existen múltiples soluciones en el mercado que posibilitan la trazabilidad por medio de Blockchain, por ende, la inversión inicial es menor que la necesaria al desarrollar un sistema específico y se reducen los costos de implementación.

En línea de estas decisiones, en la cadena propuesta en el presente documento, se hace uso de códigos QR para identificar cada uno de los cerdos porque tiene un menor costo y no es necesaria la adquisición de equipamientos especiales, sino con dispositivos celulares es admisible su uso.

## 5 Conclusiones

Esta investigación ha tenido como objetivo general el de proponer una cadena de producción trazable por medio de Blockchain para la industria porcina misionera a fin de lograr un registro inalterable y consistente del orden, secuencia y tareas que se realizan en cada eslabón de la cadena productiva. En este camino, se ha visibilizado que esta tecnología cumple con cada uno de los requisitos planteados para los datos.

Haciendo uso de técnicas de entrevistas, se ha podido identificar la cadena de producción de una empresa relevante de la industria en la provincia que tiene injerencia en cada una de las etapas, como así también, a través de expertos de las temáticas que se

abordan en este documento, se ha podido conocer más acerca de la factibilidad desde distintas visiones.

Por todo lo hasta aquí expuesto, se corrobora la hipótesis planteada de que se logrará contar con un registro íntegro, seguro, confiable durante cada etapa del proceso productivo siendo esta factible desde los aspectos técnicos, tecnológicos y económicos. Sin dejar de mencionar los desafíos actuales que serán necesarios afrontar al tomar la decisión.

Como aporte adicional a la cadena, sus pasos y los registros es la identificación de las consideraciones previas que deben hacerse al momento de afrontar estos proyectos, pero la tecnología viene a ser un nuevo lenguaje y no solo una herramienta, viene a dar un orden y eficiencia a las empresas que deben aplicar a sus procesos, no solo a la toma de decisiones.

## Referencias

- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems engineering*, 120, 65–80.
- Gale, F. (2017). *China's Pork Imports Rise Along with Production Costs*. United States Department of Agriculture.
- IBM. (2024, marzo 20). *What Are Smart Contracts on Blockchain?* | IBM. <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts>
- Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldó, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 640–652.
- Kayikci, Y., Subramanian, N., Dora, M., & Bhatia, M. S. (2020). Food supply chain in the era of Industry 4.0: Blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology. *Production Planning & Control*, 1–21.
- Ministerio de Economía de la República Argentina. (2024). *Anuario Porcino 2023*. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/\\_archivos//000005-Anuario/230000\\_Anuario%202023.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/_archivos//000005-Anuario/230000_Anuario%202023.pdf)
- Nakamoto, S. (2008). A peer-to-peer electronic cash system. *Bitcoin*.—URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Ramseyer, F., & Calzada, J. (2024, marzo 14). *Récord histórico de faena porcina en 2023*. Bolsa de Comercio de Rosario. <http://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/record-0>
- Schayan, J. (2014, abril 2). *Industria 4.0 en la Feria de Hannover* [Blog]. deutschland.de. <https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>
- Torres, N. (2021, marzo 6). *El sector porcino se amplía en Misiones con más colonos y producción de carne*. El Territorio. <https://www.eltterritorio.com.ar/noticias/2021/03/06/695261-el-sector-porcino-se-amplia-en-misiones-con-mas-colonos-y-produccion-de-carne>
- Treboux, J., & Terré, E. (2023, junio 1). *La cadena porcina se encamina a un récord productivo en 2023 por treceavo año consecutivo*. Bolsa de Comercio de Rosario. <http://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/la-cadena-1>