

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultad de Geografía e Historia

Grado en Información y Documentación



***Blockchain* como tecnología para la agricultura**

Autor: Javier Ortizá Palomares

Tutor: Juan Carlos Valderrama Zurián

Valencia, 2022

Trabajo final de grado en Información y Documentación

***Blockchain* como tecnología para la agricultura**

Autor: Javier Ortizá Palomares
Tutor: Juan Carlos Valderrama Zurián

Valencia, 2022

Este trabajo de fin de grado no podría haberse llevado a cabo sin el incondicional apoyo de mi mujer, Gracia, que ha sabido sufrirme no sólo durante esta última época sino durante los seis años en los que he estado combinando familia, empresa y universidad; y no precisamente en ese orden. Sin ella, llegar aquí hubiera sido imposible.

A todos los profesores y compañeros que me han acompañado durante estos años y han conseguido que adore una disciplina totalmente desconocida para mí, yo que entré en Información y Documentación por puro azar. Gracias por su paciencia infinita y ser siempre una ayuda.

A mi tutor, Juan Carlos, que he descubierto con este trabajo de fin de grado y ha sido una inspiración y ayuda para la consecución del mismo. Su paciencia, disponibilidad y ánimo no los olvidaré nunca.

A mi madre y hermana que siempre han creído que era capaz de sobreponerme a los acontecimientos para poder llevar a fin este reto personal que llevo más de diecisiete años intentando.

A mis abuelos, que ya no están entre nosotros, porque tengo por cierto que allí donde estén estarán orgullosos de lo conseguido a nivel personal y profesional.

GRACIAS.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	MOTIVACIÓN	1
1.2.	DOCUMENTO ARCHIVÍSTICO	3
1.3.	LA RED GLOBAL.....	6
2.	OBJETIVOS.....	8
3.	METODOLOGÍA.....	9
4.	LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN.....	13
4.1.	ORIGEN	13
4.2.	DEFINICIÓN	16
4.2.1.	Características de la TB.....	18
4.2.2.	Mecanismo de consenso	19
4.2.3.	Sistemas de blockchain.....	24
4.3.	EVOLUCIÓN	26
5.	LA AGRICULTURA	29
5.1.	LA CADENA DE VALOR ALIMENTARIA	30
5.2.	BLOCKCHAIN APLICADA A LA AGRICULTURA.....	34
5.2.1.	Transparencia y trazabilidad.....	36
5.2.2.	Eficiencia	38
5.2.3.	Seguridad	39
5.2.4.	Retos a tener en cuenta	40
6.	OPINIÓN DE LOS PROFESIONALES	43
7.	LIMITACIONES.....	51
8.	CONCLUSIONES.....	52
9.	BIBLIOGRAFÍA	55
10.	ANEXOS	60

10.1.	ANEXO I: ENTREVISTA A TRAZABLE (P1)	60
10.2.	ANEXO II: ENTREVISTA A EXPONENTIA (P2).....	65
10.3.	ANEXO III: ENTREVISTA A FOREST CHAIN (P3)	70
10.4.	ANEXO IV: ENTREVISTA A AGROW ANALYTICS (P4).....	76
10.5.	ANEXO V: ENTREVISTA A KH GRUPO (P5 Y P6)	79

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AG-ONU	Asamblea General de las Naciones Unidas
BFT	Tolerancia a fallas bizantinas
CPU	Unidad de procesamiento central
ÐApp	Aplicación descentralizada
DLT	Tecnología de contabilidad distribuida
DNS	Sistema de nombres de dominio
DPOS	Prueba de participación delegada
HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto
IA	Inteligencia artificial
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
ICANN	Corporación de internet para la asignación de nombres y números
IoT	Internet de las cosas
IPC	Índice de precios al consumidor
ERP	Sistema de planificación de recursos empresariales
OA	Acceso abierto
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONUAA	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
OS	Código abierto
P2P	Red de pares
PBFT	Tolerancia a fallas bizantinas práctica
PoS	Prueba de participación
PoW	Prueba de trabajo
QR	Respuesta rápida
ROI	Retorno de la inversión

RPCA	Algoritmo de consenso del protocolo Ripple
SaaS	Software como servicio
TB	Tecnología <i>blockchain</i>
TCP/IP	Protocolo de control de la transmisión/Protocolo de internet
TFG	Trabajo de final de grado

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo de trabajo en blockchain para realizar una transacción	17
Figura 2. Esquema de una transacción en blockchain	20
Figura 3. Solución mejorada de la cadena de suministro basada en blockchain después de la COVID-19	31
Figura 4: Blockchain (línea solida) comparado a un sistema centralizado (línea discontinua).....	34
Figura 5. Estructura de datos de la blockchain	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de personas entrevistadas	11
Tabla 2. Comparación entre blockchain pública, híbrida y privada	25

RESUMEN

La tecnología *blockchain* (TB) es una tecnología única que combina una serie de características: estructura descentralizada, mecanismo de almacenamiento, algoritmo de consenso o cifrado asimétrico que garantizan la transparencia, eficiencia y seguridad de la información. Esta combinación única tiene el potencial de transformar un sector fundamental como el de la agricultura, así como supone un reto para los profesionales de las ciencias de la información.

Este trabajo de fin de grado pretende realizar una aproximación a la tecnología y su aplicación en el sector agroalimentario a nivel teórico y real mediante la opinión de profesionales que trabajan con *blockchain* en el sector.

Para ello se seleccionaron 37 fuentes de información (revistas científicas, artículos académicos, recursos web de organizaciones, etc.) de las que se extrajo el origen, se hizo una aproximación a la definición de *blockchain* y se expuso la evolución. También se abordó la importancia de la agricultura como motor económico y social global, para centrar el estudio en la cadena de valor alimentaria y cómo la TB tiene el potencial de aportar transparencia, seguridad y eficiencia a toda la cadena de valor, así como los retos técnicos y tecnológicos que implica su aplicación. Igualmente, se realizaron entrevistas (n=6) de diferentes empresas (n=5) que aplican la tecnología al sector agrícola entre otros.

Tras mostrar las principales aplicaciones de la TB al sector agrícola centrándolo principalmente en su cadena de valor, las personas entrevistadas opinaron principalmente que el grado de apertura del sector, así como el conocimiento sobre la TB es bajo, hoy en día hay más expectativa que realidad, su principal aplicación es la trazabilidad, la aplicación con mayor potencial es la “tokenización” de activos y que su futuro es tan impredecible como lo era para internet en los años 80.

Nos encontramos ante una tecnología con todas las características de poder revolucionar no sólo un sector sino una sociedad. Queda mucho por conocer, investigar y desarrollar, pero a día de hoy los límites los pone la capacidad creativa del ser humano. Y es ante este contexto de posibilidades infinitas donde el dato es el valor fundamental, cuando los profesionales de las ciencias de la información debemos empoderarnos y jugar un rol clave en el futuro inminente.

PALABRAS CLAVE

Blockchain, agricultura, cadena de suministro, trazabilidad.

RESUM

La tecnologia *blockchain* (TB) és una tecnologia única que combina una sèrie de característiques: estructura descentralitzada, mecanisme d'emmagatzematge, algoritme de consens o xifratge asimètric que garanteixen la transparència, eficiència i seguretat de la informació. Aquesta combinació única té el potencial de transformar un sector fonamental com el de l'agricultura, així com suposa un repte per als professionals de les ciències de la informació.

Aquest treball de fi de grau pretén fer una aproximació a la tecnologia i la seua aplicació al sector agroalimentari a nivell teòric i real mitjançant l'opinió de professionals que treballen amb *blockchain* al sector.

Per fer-ho, es van seleccionar 37 fonts d'informació (revistes científiques, articles acadèmics, recursos web d'organitzacions, etc.) de les quals se'n va extreure l'origen, es va fer una aproximació a la definició de blockchain i se'n va exposar l'evolució. També es va abordar la importància de l'agricultura com a motor econòmic i social global, per centrar l'estudi a la cadena de valor alimentària i com la TB té el potencial d'aportar transparència, seguretat i eficiència a tota la cadena de valor, així com els reptes tècnics i tecnològics que implica la seva aplicació. Igualment, es van fer entrevistes (n=6) de diferents empreses (n=5) que apliquen la tecnologia al sector agrícola entre d'altres.

Després de mostrar les principals aplicacions de la TB al sector agrícola centrant-lo principalment en la cadena de valor, les persones entrevistades van opinar principalment que el grau d'obertura del sector, així com el coneixement sobre la TB és baix, hui dia hi ha més expectativa que realitat, la seua principal aplicació és la traçabilitat, l'aplicació amb més potencial és la "tokenització" d'actius i que el seu futur és tan imprevisible com ho era per a Internet als anys 80.

Ens trobem davant d'una tecnologia amb totes les característiques de poder revolucionar no només un sector sinó una societat. Queda molt per conèixer, investigar i desenvolupar, però hui dia els límits els posa la capacitat creativa de l'ésser humà. I és davant aquest context de possibilitats infinites on la dada és el valor fonamental, quan els professionals de les ciències de la informació ens hem d'apoderar i jugar un rol clau en el futur imminent.

PARAULES CLAU

Blockchain, agricultura, cadena de subministrament, traçabilitat.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

Información y documentación son las dos palabras clave que definen, en realidad, la TB. De hecho, Swan lo define en su obra *Blockchain: Blueprints for a new economy* como “quizás el punto central sea que la *blockchain* es una tecnología de la información. (...) La *blockchain* es una herramienta que podría demostrar la existencia y el contenido exacto de cualquier documento u otro activo digital en un momento determinado” (2015, p. 92). La página web oficial de IBM resalta la importancia de la TB centrándose en punto de vista de la información “los negocios funcionan con información. Cuanto más rápido la obtienen y más exacta es, mejor. *Blockchain* es ideal para obtener esa información, puesto que proporciona datos inmediatos, compartidos y completamente transparentes almacenados en un libro mayor distribuido inalterable al que únicamente los miembros autorizados tienen acceso” (s.f.).

Durante el transcurso de los estudios del Grado en Información y Documentación se ha profundizado en numerosas ocasiones y asignaturas en el concepto de *Open Access* (OA) y de cómo el desarrollo de internet y todas las herramientas digitales creadas a través de esta tecnología, han permitido a la disciplina de la Información y Documentación implementar herramientas para facilitar el acceso rápido y preciso a la información científica sin necesidad de intermediarios, de manera deslocalizada y con libre acceso a los recursos gracias a la eliminación del lucro económico derivado de los derechos de *copyright*.

EL OA es un movimiento internacional que promueve beneficios para la sociedad como la reducción de esfuerzos excesivos en el desarrollo de la investigación optimizando tiempos e inversión económica, la transparencia de la investigación científica, el aumento de la credibilidad de las instituciones públicas, facilitar la búsqueda de información mediante metadatos, etc. Todos los objetivos descritos sobre el OA son coincidentes con muchas de las ventajas del empleo de *blockchain* en la industria y la sociedad. Además, la TB está desarrollada bajo el modelo de *Open Source* (OS), un movimiento internacional de similares características al OA, pero que se centra en la premisa de

compartir el código fuente para que la comunidad pueda aprovechar ese conocimiento, mejorarlo, evolucionarlo y crear nuevas herramientas a raíz de un desarrollo original.

Tal y como promulgó Neelie Kroes, vicepresidenta de la Comisión Europea responsable de la Agenda Digital durante el discurso de apertura de la *Research Data Alliance/Stockholm*:

...Porque sólo cuando se comparten los resultados y las pruebas, la comunidad puede examinar y comparar, descartar y aprender. Esa es la filosofía de la sociedad científica y de la revista científica. No puede haber ciencia moderna sin compartir. Ahora tenemos que aprovechar al máximo las nuevas herramientas digitales. Porque esas herramientas pueden llevarnos a una nueva era: la era de la ciencia abierta. No me cabe duda de que estamos entrando en esa fase: y de que el impacto será bueno para los ciudadanos, bueno para los científicos y bueno para la sociedad (2013, p.2).

Las palabras de Kroes ante la asamblea de la *Research Data Alliance* defendiendo los beneficios de una literatura científica abierta y el impacto positivo que puede provocar para la sociedad y para la propia ciencia, gracias a las posibilidades que ofrece el desarrollo tecnológico, es una perfecta analogía de cómo se ha comportado de manera orgánica la TB. Uno de los valores fundamentales del OS es mejorar la eficiencia del código original gracias a una comunidad conectada que, desinteresadamente, trabajan desde una base tecnológica común y aportan diferentes perspectivas y habilidades. Esta metodología tiene el potencial de aumentar exponencialmente el número y la complejidad del software original llegando, en ocasiones, a una evolución no prevista por el creador.

Este carisma abierto de la ciencia y el máximo aprovechamiento de las nuevas herramientas digitales pueden ser fácilmente asociadas a la TB, a la ebullición de esta tecnología y las expectativas que genera en torno al ámbito de la Información y Documentación. Así como a la industria y, concretamente, al sector agroalimentario ya que se trata de la tecnología más compartida y descentralizada de la historia, donde la información es la piedra angular de todo el sistema, que generará la aparición de nuevos formatos de documentos electrónicos desconocidos hasta la fecha.

1.2. DOCUMENTO ARCHIVÍSTICO

Desde la Edad Media la archivística se ocupa de la conservación a largo plazo de documentos auténticos asociándolo exclusivamente a su almacenamiento en depósitos adaptados a tal fin. Las teorías tradicionales de la archivística siguen siendo relevantes hoy en día, aplicándose del mismo modo a volúmenes centenarios como a los documentos digitales más actuales. La archivística se ha convertido en una ciencia fundamental para la sociedad de hoy dado que es garante del valor del documento como garantía jurídica, así como de la conservación del patrimonio documental de una sociedad.

Otro **aspecto fundamental del documento es su veracidad**. Desde que en 1681 las técnicas diplomáticas fueron desarrolladas y formalizadas por el historiador francés Jean Mabillon en su obra *De re Diplomatica Libro VI*, donde se establecían los principios de la diplomática más allá del documento incluyendo instrucciones sobre la organización y funcionamiento de las oficinas de registros (Mabillon, 1681), la genuinidad documental es imperativa dentro de toda sociedad que promulgue el derecho a la información, el acceso a la memoria histórica, al conocimiento del desarrollo cultural, político, económico y científico.

En la ciencia archivística se define el documento de archivo en su forma amplia mediante sus caracteres externos, internos y en cuanto a la relación con el creador del documento Fuster Ruiz (2001, p. 3):

- Características externas: documento archivístico es toda expresión testimonial en cualquier lenguaje, forma o soporte y generalmente en un ejemplar único.
- Características internas: gracias a su carácter auténtico, objetivo e imparcial, esencialmente administrativo y/o jurídico, generado en cualquier fecha, de forma auténtica y espontánea, conservado íntegro en su forma original, indivisible, seriado o unido a otros de su especie por un vínculo originario y necesario, interdependiente o interrelacionado y formando parte de un fondo o conjunto orgánico.
- Relación con la entidad productora: producido, recibido y acumulado, como resultado del proceso natural de la actividad o gestión de una persona o

entidad pública o privada, en cumplimiento de sus funciones administrativas y conservado como prueba, información y continuidad de gestión.

Siguiendo con la teoría que expone Fuster, todos los documentos aportan información sobre algo, pero **sólo el documento de archivo es auténtico, fehaciente e imparcial**. Además de su valor informacional intrínseco, es garante de que el hecho relatado es verdadero y por ello constituye un testimonio científico (p. 5).

Ya se ha comentado que un documento de archivo debe reproducir los hechos tal cual han sucedido y por ello, uno de los valores fundamentales de estos documentos es su autenticidad. Existen dos condiciones necesarias para asegurar la autenticidad de un documento: su identidad e integridad. La **identidad** se establece a través de la creación y mantenimiento del vínculo archivístico, es decir, mediante un análisis de su procedencia y la relación entre su creador, su depósito y su empleo en el desarrollo de la actividad por el que fue creado el documento (Lemieux, 2017, p. 3). “El carácter más importante del documento de archivo es el hecho de estar relacionado con los que le anteceden y le siguen, como eslabón de una cadena” (Fuster Ruiz, 2001, p. 7). Si, además, se puede probar científicamente que la **integridad** del documento no se ha visto comprometida, es decir, que el documento de origen coincide sin ninguna manipulación al documento recibido, es posible establecer su autenticidad con un alto grado de certeza (Lemieux, 2017, p. 3). Por tanto, para que un documento de archivo sea auténtico, éste debe permanecer libre de manipulación, corrupción o alteración a lo largo del tiempo y este hecho debe ser científicamente demostrable.

En la era predigital este control se realizaba mediante entradas numeradas en los registros, listado de contenidos en los archivos y numeración de los documentos individuales en las carpetas de archivo. En la era digital el concepto de integridad se ha ampliado e incluso se tiene una percepción de mayor control y garantía al tratarse de sistemas informatizados. Sin embargo, la preservación digital no es una técnica infalible por su propia idiosincrasia, ya que la constante actualización de las propias tecnologías puede llevar a una futura inoperancia por pérdida de interoperabilidad e inaccesibilidad de la documentación.

Por todo esto, las semejanzas entre la *blockchain* o cadena de bloques y un archivo son múltiples. De hecho, no es descabellado concebir la TB como un gran archivo digital

donde sus usuarios pueden acceder y consultar la información de acceso público de modo permanente y seguro, como si de un archivo histórico se tratara. Consiste en una tecnología de base de datos descentralizada y distribuida que permite conservar un registro único, accesible y compartido de todas las transacciones que se realizan dentro de esa base de datos. Los asientos que se realizan en este gran archivo son permanentes, transparentes y localizables. Cada acción genera un nuevo bloque que se adhiere al final de la cadena y este proceso se regula mediante un protocolo público que administra su validación, registro y distribución. Además, la privacidad del archivo puede ser restringida permitiendo diferentes grados de acceso y de anonimato al mismo. Si bien es cierto, que el valor documental no es un aspecto relevante para esta tecnología, es igual de cierto que es concebida como una fuente de información fiable y cumple con las características internas: autenticidad, imparcialidad, generada en cualquier fecha, íntegra, indivisible, seriada, interrelacionada y formando parte de un fondo o conjunto orgánico que describía Fuster Ruiz.

Por último, tal y como indica Lemieux (2017), la TB es una tecnología *recordkeeping*¹ cuyo objetivo es producir y mantener registros que sean garantía de las transacciones que se realizan en ese libro mayor o base de datos. Este término “*record*” ha sido incorporado al castellano dado que no existe un equivalente estricto a su terminología en inglés, aunque comúnmente es traducido como documento de archivo. La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR, 2005), en la Norma UNE-ISO 15489-1:2005 lo define como “el término (...) de los documentos considerados como evidencia y reflejo de las actividades de la organización que los ha creado, por oposición a *documents*, que no tiene en cuenta más que el contenido informativo, y a *archives*, que tiene un sentido histórico.”

A lo largo de la historia se ha estudiado cómo la forma de los documentos de archivo ha ido evolucionando (desde las tablillas de arcilla o madera, pasando por el papiro para posteriormente emplear el pergamino y finalizar con el papel y su propio desarrollo) y evoluciona para pasar de las antiguas formas físicas del documento de archivo a convivir con las nuevas formas digitales. Nuevas formas digitales que se iniciaron con el documento electrónico y que se están transformando como consecuencia

¹ Término inglés aceptado en castellano que hace referencia a las unidades de información conservadas de alguna manera permanente.

de la adopción y uso de la TB, una **tecnología de código abierto** que soporta registros fiables e inmutables de transacciones almacenadas en libros de contabilidad automatizados, descentralizados y distribuidos de acceso público (Lemieux, 2017, p. 1).

1.3. LA RED GLOBAL

Internet es una red de ordenadores y servidores interconectados alrededor del mundo a modo de tela de araña, cada uno de los dispositivos conectados (o “nodos”) provee información a cientos de millones de personas que la consumen conectándose a la red. Desde que la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) creara el primer nodo y se conectara el 21 de noviembre de 1969 con el Instituto de Investigaciones de Stanford hasta la generalización masiva del uso de sistemas de videoconferencia para que esas mismas universidades, y las de todo el mundo, pudieran continuar con la docencia durante la situación de pandemia, internet ha supuesto una tecnología que ha transformado la sociedad.

En un sentido más técnico y genérico Zarrin et al. (2021) definen internet como un sistema global de ordenadores interconectados, distribuido y global, de redes informáticas que utiliza el conjunto de protocolos de Internet (TCP/IP) para comunicaciones entre nodos y redes. La original Web 1.0 impulsó la comunicación mediante la utilización de protocolos de transferencia de hipertextos (HTTP) creando páginas web con contenido estático. No fue hasta la llamada Web 2.0 cuando los usuarios pudieron ser parte activa de la web permitiéndoles colaborar, ejecutar y utilizar secuencias de comandos del lado del servidor para permitir la proliferación de servicios en línea. A partir de la década de 2010 se desarrolló el concepto de Web 3.0 centrándose en la autonomía del usuario y la independencia de servicios centralizados, promoviendo que los usuarios sean responsables de sus datos (p.1).

Como se ha descrito anteriormente, internet es un sistema de nodos interconectados, distribuido y global, pero, al contrario de cómo se concibe popularmente, internet **no es una tecnología descentralizada**. Tanto el diseño original de la red con el protocolo de comunicación HTTP, como la tendencia de la evolución de la Web posicionando al usuario en el centro, su concepción sí que ha sido descentralizada, pero la realidad del internet actual es que **se ha convertido en una infraestructura centralizada**.

La arquitectura actual ha convertido su uso en un camino dirigido, que los usuarios deben ir recorriendo a través de puntos singulares como el sistema de nombres de dominio (DNS) que actúa como traductor de direcciones IP². El DNS se implementó de forma distribuida en la Web 2.0 pero se observan rastros de centralización en los proveedores de nombres de dominio, su gestión y el funcionamiento del espacio de nombres. Esta centralización se ve reforzada por la monopolización de la generación y distribución del DNS en la web por parte de la Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números (ICANN). Otro punto clave de centralización es el obligatorio empleo de proveedores de servicios de internet, dotándoles del control sobre el tráfico de internet y permitiendo a terceras organizaciones tener acceso y controlar el flujo de tráfico de la red (Zarrin et al., 2021, p. 3).

² Una dirección IP es un conjunto de reglas a través de internet que identifican de manera única, lógica y jerárquicamente un dispositivo conectado a la red.

2. OBJETIVOS

El **objetivo principal** del presente trabajo de final de grado (TFG) es obtener un conocimiento básico sobre la tecnología blockchain mediante una revisión bibliográfica y, además, estudiar la implementación de esta tecnología en el sector agrícola.

Este propósito general se desglosa en los siguientes **objetivos específicos**:

1. Aportar una visión comprensible y general de la *blockchain*.
2. Diferenciar la tecnología *blockchain* de su aplicación (criptomonedas, contratos inteligentes, etc.).
3. Aportar una visión próxima de la aplicación de la TB de en la agricultura.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el presente TFG consta de dos partes claramente diferenciadas. En la primera parte se ha realizado una revisión bibliográfica dentro de las bases de datos de ProQuest con el objetivo de buscar fuentes de información de cualquier disciplina que haya investigado sobre la TB.

La estrategia desarrollada ha ido evolucionando a medida que se ha desarrollado el presente TFG. En una primera fase se realizó una estrategia buscando la exhaustividad a través del término “blockchain” y filtrando los artículos por revistas científicas y ordenados por relevancia. Esta primera búsqueda permitió obtener prismas diferentes sobre la tecnología al enfoque original planteado.

La siguiente búsqueda se realizó mediante la combinación de términos concretos con operadores booleanos y de truncamiento y filtrando como tipo de fuente únicamente revistas científicas: “BLOCKCHAIN” AND “AGRI*” obteniendo 1.354 resultados. De este modo, el término agricultura, podía ser encontrado en alguna de sus variantes como *agrifood* que también se podía encontrar como *agri-food*, o términos no planteados inicialmente como *Agribusinesses* y por supuesto el término clave: *agriculture*. Tras esta primera búsqueda más precisa, se detectó un nuevo término de valor para encontrar bibliografía de interés. El término es *supply chain* (cadena de suministro) así que se integró en una nueva búsqueda avanzada: “BLOCKCHAIN” AND “SUPPLY CHAIN” obteniendo 7.219 resultados.

En ProQuest la estrategia fue completamente en inglés, aunque la estrategia de búsqueda permitía emplear también el castellano. La amplia mayoría de literatura científica sobre la TB se encuentra en habla anglosajona, pero también se utilizó el portal bibliográfico Dialnet para localizar artículos relevantes de habla hispana.

La selección de los artículos se produjo examinando primero, si el título se ajustaba a los objetivos de estudio, después si el resumen profundizaba en la información que se deseaba y si todo esto era positivo, se hacía una primera lectura vertical para confirmar la correcta selección y depositarlo en el programa de gestión bibliográfica.

Otro punto a destacar de cómo se ha realizado la revisión bibliográfica, es que se ha profundizado dentro de la bibliografía de los artículos seleccionados realizando un

muestreo de “bola de nieve”. Consultando las referencias de los artículos empleados inicialmente para la realización del presente TFG, y aplicando los mismos criterios de selección que la base documental inicial.

En total se descargaron 37 documentos relacionados con el objeto de estudio y fueron incluidos en el gestor de referencias bibliográficas Mendeley. Posteriormente, se realizó un análisis documental de los trabajos y se extrajo la información relevante para el estudio y en el que se abordaba aspectos relacionados con la TB como su origen.

Tras establecer un marco teórico, en la segunda parte se ha empleado la técnica cualitativa de la entrevista, una entrevista a seis personas profesionales de cinco empresas especializadas en *blockchain*, pero con diferentes enfoques ante una misma tecnología a las que poder realizar cinco preguntas ajustadas a los objetivos del presente TFG. Las preguntas eran de carácter abierto, y el tono coloquial, con el propósito de dar la oportunidad a las personas entrevistadas de expresarse de la manera más libre posible y que durante su discurso pudieran aportar información y nuevos puntos de vista que no se hubieran planteado durante la investigación del marco teórico o la preparación previa del cuestionario. Se ha seguido el orden marcado de las preguntas y se han concebido para ser contestadas brevemente, pero durante su desarrollo se ha tenido una actitud abierta buscando nuevos matices e incorporando nuevas preguntas, espontáneas, para enriquecer la información recabada.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, se ha buscado a cinco organizaciones que tuvieran experiencia demostrable con empresas del sector agroalimentario y hayan trabajado o estén trabajando en la fecha del presente TFG de manera activa con el sector y aplicando TB. Las cuestiones estructurales que sirvieron de guía durante las entrevistas fueron:

- **C1:** breve descripción de la empresa: objetivos, empleados y principales líneas de negocio.
- **C2:** aplicaciones actuales de la TB en el sector agroalimentario.
- **C3:** grado de apertura del sector a las nuevas tecnologías y a esta tecnología en concreto.
- **C4:** potenciales usos de la TB en el sector agroalimentario que hoy en día no se estén dando o no se conozcan.

- C5: desarrollo de la TB a medio plazo y futuras aplicaciones.

Tabla 1. Relación de personas entrevistadas

Persona	Empresa	Cargo	Enfoque
P1	Trazable	CEO ³	Trazabilidad
P2	Exponentia	CEO	Trazabilidad
P3	ForestChain	CEO y CTO ⁴	Trazabilidad
P4	Agrow Analytics	Fundador y COO ⁵	Optimización
P5 y P6	KH Group	CEO y CIO ⁶	Trazabilidad

Las personas entrevistadas fueron contactados a través de la información que la empresa aportaba en internet, así como el contacto directo a través de la plataforma LinkedIn, una red social orientada al uso empresarial. Una vez obtenidos los datos de contacto, se les envió un correo electrónico o un mensaje de texto para presentar el trabajo, sus objetivos y solicitando una breve entrevista para conocer su perspectiva del sector y cómo éste ha incorporado o implementa la TB.

También se ha garantizado la privacidad y el anonimato a cada una de las personas entrevistadas, así como la confidencialidad de la información aportada. Las entrevistas se realizaron de manera presencial y mediante llamada y videoconferencia. La entrevista presencial (n=1) se realizó a la empresa KH Group (entrevistados 5 y 6), la entrevista mediante videoconferencia (n=1) se realizó a la empresa Agrow Analytics (entrevistado

³ Siglas en inglés de *Chief Executive Officer*, persona responsable de dirigir la empresa.

⁴ Siglas en inglés de *Chief Technology Officer*, responsable técnico de los sistemas de información desde el punto de vista ejecutivo.

⁵ Siglas en inglés de *Chief Operating Officer*, persona responsable de las operaciones de la empresa supervisando la creación y distribución de sus productos o servicios.

⁶ Siglas en inglés de *Chief Information Officer*, persona responsable de la planificación y ejecución de los sistemas de tecnologías de la información de una empresa.

4) que se encuentra situada en Málaga y el resto de entrevistas (n=4) fueron realizadas mediante llamada telefónica. Las grabaciones se realizaron todas previa autorización de la persona entrevistada y a través de la aplicación “Voice Memos” excepto la entrevista a Agrow Analytics que fue grabada a través del software Meet de Google.

4. LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN*

4.1. ORIGEN

La denominada “Gran Recesión” de 2008 se inició realmente en el año 2007, cuando la economía mundial se detuvo bruscamente (de Moura, 2011). El epicentro de esta gran crisis que afectó a todo el mundo se encontró en Estados Unidos y estuvo provocada por cuatro situaciones concretas:

1. Descenso acelerado del precio del dinero tras el estallido de la burbuja tecnológica en el año 2000. Este hecho estimuló una fuerte demanda de crédito (a precio muy bajo) que se reinvertió en el ladrillo con la intención de encontrar mayor rentabilidad.
2. La liberación del sistema bancario estadounidense y la desregulación de los mercados financieros.
3. La falta de una supervisión adecuada para compensar la eliminación de las normas regulatorias.
4. Desequilibrio de la balanza de pagos. Con los tipos de interés tan bajos, el ahorro cayó a cotas mínimas y las empresas y consumidores buscaron la financiación en el exterior. Éstos, con tipos de cambio muy favorables, acumularon excedentes temerosos de que se repitiera la crisis de los años 90, dándose la paradoja de que los países menos desarrollados financiaban el ritmo de vida de los países desarrollados.

Fue en marzo de 2007 cuando el *Household Finance Corporation*, filial del banco británico HSBC registró pérdidas millonarias, comenzando una serie de desastres financieros en cadena que culminó el 15 de septiembre de ese mismo año cuando *Lehman Brothers* se declaró en bancarrota. En aquel momento, *Lehman Brothers* era el cuarto banco de inversión más importante de *Wall Street* y las consecuencias de este hecho, donde la crisis de insolvencia de unos pasó a ser una crisis de liquidez del sistema que, finalmente, se convirtió en una crisis de insolvencia de muchos.

La desconfianza en los mercados y en las autoridades que regulan la actividad económica cada vez más global, provocó la proliferación de diferentes movimientos activistas, anónimos, que aprovechando las posibilidades que les proporcionaba la Red

buscaban una nueva forma de definir los conceptos de información, libertad y confianza. Los “cyberpunks⁷”, que consideraban la criptografía como algo necesario, o los “hacktivistas⁸” surgieron como corriente contraria a “las prohibiciones del Gobierno de EE. UU, de publicar ideas o investigaciones relacionadas con la criptografía (de hecho, la criptografía tiene el mismo nivel de seguridad que las armas de destrucción masiva) (...). Por el contrario, los ciberpunks consideran el uso de la criptografía como algo necesario y vital para cambiar la sociedad, un derecho inalienable al que no podemos ni debemos renunciar (Márquez Solís, 2016, p. 118). Ideas que están descritas en el *Manifiesto Criptoanarquista* publicado por Timothy C. May:

Un espectro está apareciendo en el mundo moderno, el espectro de la criptoanarquía. La tecnología informática está a punto de proveer a los individuos y grupos la habilidad de comunicarse e interactuar entre ellos de una manera totalmente anónima. Dos personas podrán intercambiar mensajes, gestionar negocios y negociar contratos electrónicos sin tan siquiera saber el nombre real, identidad legal, u otra, del otro. Las interacciones a través de las redes serán ilocalizables, a través de extensivos re-ruteos de paquetes encriptados y a prueba de alteraciones de terceros que implementarán protocolos criptográficos que aseguren casi perfectamente contra interferencias. La reputación será de una importancia primordial, mucho más importante en los tratos que incluso los índices de crédito de hoy en día. Estos desarrollos alterarán por completo la naturaleza de la regulación gubernamental, la habilidad para añadir impuestos y controlar las interacciones económicas, la habilidad para mantener la información en secreto, e incluso alterará la naturaleza de la confianza y reputación (1988, p. 1).

La tecnología puesta en favor de la sociedad ha sido un valor fundamental para el inicio de revoluciones con lo anteriormente establecido o incluso precursora en el cambio de una era a otra. Un ejemplo de esto fue la invención de la imprenta por Johannes Gutenberg (alrededor de 1453). Hasta el siglo XV el feudalismo otorgaba el papel de reproducción y difusión de conocimientos a la iglesia católica donde la producción libraria se monopolizaba en los monasterios siendo el clero el estamento que controlaba

⁷ Los cypherpunk emplean sus conocimientos técnicos desarrollando y evolucionando la criptografía para ofrecer privacidad y protección a los usuarios de la red.

⁸ El hacktivismo emplea sus conocimientos técnicos para eludir los sistemas de seguridad con el fin de aumentar el impacto de sus mensajes en la red.

la cultura. La imprenta aceleró el proceso de copiado de manuscritos multiplicando los textos de la Edad Media y provocando un cambio de paradigma social y cultural impulsando la alfabetización y por tanto el conocimiento. La llegada a Europa de la imprenta de tipos móviles en metal fue un impacto tan grande a nivel social comparable al de Internet a inicios de los años 70. Como es habitual, las autoridades que hasta ese momento ostentaban el control del medio, no aceptaron este nuevo escenario que ya no controlaban e intentaron remediar la situación con la censura y la prohibición de manuscritos, pero la actitud de la sociedad hacia los libros y la lectura se había transformado y cambiado para siempre.

Estos movimientos, entre otros, son los que anteceden a la publicación del manuscrito *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* en metzdownd.com, un sitio web de criptografía relacionado con el movimiento *cyberpunk* (Márquez Solís, 2016, p. 117), que da origen a la primera *blockchain*, de cuyo autor o autores sólo se conoce su seudónimo “Satoshi Nakamoto”, y que su resumen a modo de declaración de intenciones fue distribuido en octubre de 2008 a través de la *Cryptography Mailing List* con este mensaje en el cuerpo del *mail* (Nakamoto, 2009):

Una versión puramente peer-to-peer⁹ del dinero electrónico permitiría que los pagos en línea se envíen directamente de una parte a otra sin las cargas de pasar por una institución financiera. La firma digital es una parte de la solución, pero los principales beneficios se pierden si sigue siendo necesaria una parte de confianza para evitar el doble gasto. Proponemos una solución al problema del doble gasto utilizando una red de pares. La red coloca estampas de tiempo a las transacciones al crear un hash¹⁰ de las mismas en una cadena continua de pruebas de trabajo basadas en hashes, formando un registro que no puede ser cambiado sin volver a recrear la prueba de trabajo. La cadena más larga no solo sirve como la prueba de la secuencia de los eventos testificados, sino como prueba de que vino del gremio de poder de procesamiento de CPU más grande. Siempre que la mayoría del poder de procesamiento de CPU esté bajo el control de los nodos que no cooperan para atacar la red, estos generarán la cadena más

⁹ *Peer to peer* (P2P), red entre pares o red de igual a igual, consiste en un modelo de comunicación descentralizado donde no es necesario un servidor central para que dos nodos conecten. Cada uno de los nodos de la red pueden actuar de servidor o de cliente de manera totalmente indiferente conectando directamente entre los nodos.

¹⁰ Resultado de una operación criptográfica denominada “función hash” que genera identificadores únicos e irrepetibles a partir de una entrada de datos.

larga y le llevarán la ventaja a los atacantes. La red en sí misma requiere una estructura mínima. Los mensajes son enviados bajo la base de mejor esfuerzo, y los nodos pueden irse y volver a unirse a la red como les parezca, aceptando la cadena de prueba de trabajo de lo que sucedió durante su ausencia.

Pero esta tecnología ya tenía antecedentes relevantes con los primeros experimentos conocidos con criptomonedas en los años 80 en los Países Bajos (Gurtu y Johnny, 2019, p. 882). El origen de la *blockchain* en su concepto más similar al actual se remonta a la década de los años 90 cuando, tras el inicio de la transformación digital documental, existía una necesidad real de sellar de manera única los documentos para evitar su manipulación, siendo los autores Haber y Stornetta (1997) los que diseñaron el sistema *timestamp*¹¹ abordando la problemática del sellado de tiempos de los documentos generando un "notario digital". Esencialmente, el sistema que diseñaron ambos científicos era una "protoblockchain" que pasó desapercibido para la sociedad expirando la patente creada bajo este sistema en 2004. No sería hasta cuatro años después, cuando alguien (o varias personas) llevó la investigación de años anteriores a la práctica con la creación del Bitcoin, de donde tomó la estructura planteada por Haber y Stornetta rediseñando sus propiedades de seguridad.

4.2. DEFINICIÓN

Aunque todavía no existe una definición única y consensuada a nivel internacional sobre la TB debido seguramente, a su multitud de ramificaciones y enfoques diferentes desde el cuál se puede estudiar y aplicar, Dutta et al. la definen como:

Una tecnología innovadora, descentralizada y distribuida de última generación, que mantiene la confidencialidad, la integridad y disponibilidad de todas las transacciones y datos. Blockchain es un libro de contabilidad digital compartido que se distribuye por la red. Una vez añadidos los registros, no pueden editarse sin cambiar los registros anteriores (con el consentimiento de todas/mayoría de las partes implicadas), lo que la hace muy segura para las operaciones comerciales. Blockchain permite un mecanismo de consenso distribuido que permite a sus entidades participantes estar

¹¹ *Timestamp* o marca de tiempo es un pequeño dato almacenado dentro de la blockchain a modo de número único que informa del momento exacto de creación de un bloque. El fin de este dato es crear una cronología que ayude a mantener un historial inalterado de la cadena de bloques.

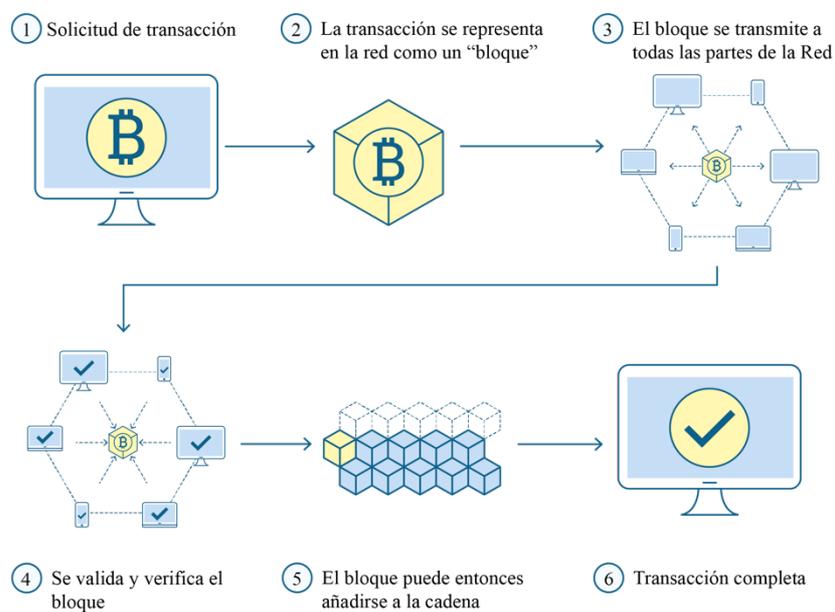
informadas de cada evento y transacción, creando un registro irrefutable en el libro de contabilidad público (2020, p. 1).

Mitre et al. en su trabajo *Descifrando la Blockchain* añaden en su definición otro elemento fundamental para entender cómo funciona la tecnología y su similitud con la lógica que conocemos con el uso diario de internet:

Una blockchain es un conjunto de nodos que, conectados a una red descentralizada, utilizan un protocolo estándar con el objetivo de validar y almacenar la misma información registrada en una red P2P, de forma que todos podamos intercambiar bienes y servicios sin necesidad de terceros (2018, p. 1).

Como se puede apreciar en la Figura 1, el proceso de creación y validación de una transacción en la cadena, comprende una serie de etapas donde juegan un papel crucial los nodos que conforman la plataforma.

Figura 1. Flujo de trabajo en blockchain para realizar una transacción



Nota. Adaptado de *Blockchain for Decentralization of Internet: Prospects, Trends, and Challenges* (p. 6), por Zarrin et al., 2021, *Cluster Computing*, 24 (1).

Existe un consenso generalizado en concretar la tecnología como parte de las denominadas *shared ledger technologies* o también llamadas DLT (*Distributed Ledger Technologies*), que puede ser traducido como tecnologías de libro mayor distribuido. Este tipo de tecnología, la DLT, donde se encuentra la *blockchain*, es la que se presenta “como la tecnología que va a revolucionar el futuro cambiando radicalmente la forma en que se realizan y garantizan muchas de las transacciones mercantiles y civiles. Se habla de la evolución del actual “internet de la información” hacia un “internet del valor” (García-Morales, 2018, p. 347).

4.2.1. Características de la TB

Dutta et al. definen las diez características principales por las que la TB es considerada una tecnología única y la de mayor potencial para la industria:

1. **Descentralizada:** los datos del sistema pueden ser accesibles, supervisables, almacenables y actualizables en múltiples sistemas.
2. **Transparente:** los datos son registrados y almacenados en la red mediante un protocolo de consenso, además de ser visibles y rastreables durante toda su vida.
3. **Inmutable:** mediante marcas de tiempo (*time stamps*) y controles para asegurar la inmutabilidad.
4. **Irreversible:** por cada transacción realizada se mantiene un registro cierto y verificable en cada *blockchain*.
5. **Autonomía:** cada nodo de la cadena de bloques puede acceder, transferir, almacenar y actualizar datos por sí mismo de forma segura sin la intervención de terceros.
6. **Open source:** *blockchain* proporciona un acceso de código abierto a todos los miembros de la red.
7. **Anonimato:** como la transferencia de datos se produce entre nodos, la identidad del individuo permanece anónima.
8. **Unicidad:** cada documento intercambiado almacena sus registros de propiedad con un código *hash* único.
9. **Procedencia:** cada transacción tiene un documento de registro digital en la que demuestra su autenticidad y origen.

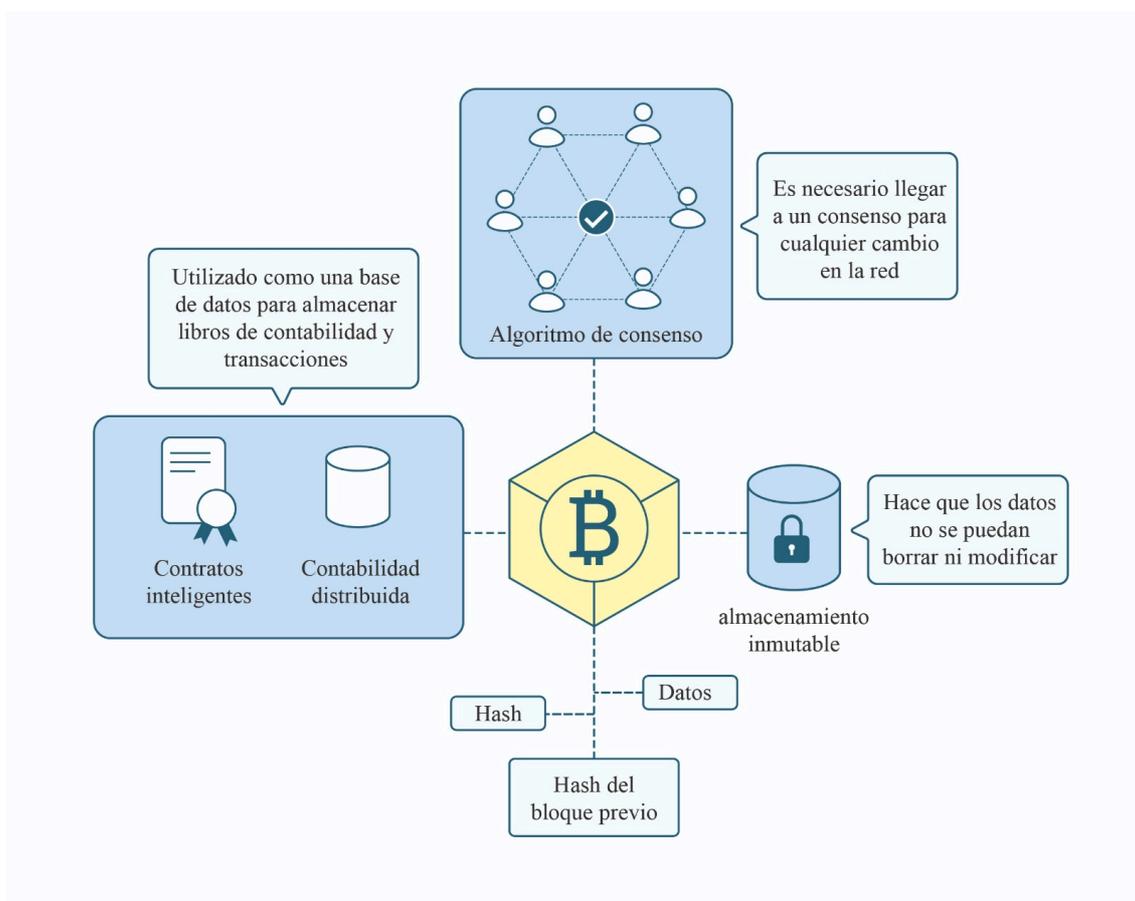
10. **Automatización de contratos:** consiste en un pequeño programa informático que automatiza la ejecución de un contrato proporcionando mayor seguridad y menores costes de transacción. Los *smart contracts* suelen estar codificados para incluir las condiciones de las reglas, las sanciones y las acciones que se aplicarán para todas las partes implicadas en la transacción (2020, p.5).

Como tecnología DLT, la TB permite un entorno descentralizado en el que todas las partes de una red pueden interactuar de forma segura sin la necesidad de una autoridad central de confianza. Como muestra la Figura 1 de un flujo de trabajo estándar, *blockchain* se forma a través de una serie de bloques conectados dependientes unos de otros, donde la historia de las transacciones se puede rastrear fácilmente a través, de los anteriores bloques haciendo que la tecnología sea transparente y digna de confianza. Cada bloque contiene su propia identificación única y tiene el *hash* del bloque anterior, lo que garantiza la seguridad de las transacciones. Todas las transacciones son validadas y registradas por los usuarios de esa red; además, llevan un sello de tiempo, están dispuestas en orden cronológico, están conectadas al bloque anterior y son irreversibles una vez añadidas a la red.

4.2.2. Mecanismo de consenso

Tal y como se puede ver en la Figura 2, toda esta estructura de funcionamiento de la *blockchain* es lo que la convierte en una tecnología de confianza y la función más importante que proporciona ese adjetivo a la tecnología es su mecanismo de consenso. Estos algoritmos están instaurados en la raíz misma de la tecnología y regulan cómo es la participación de los diferentes nodos, pudiendo detectar los nodos que son confiables y desechar aquellos que simplemente fallan o actúan de manera maliciosa.

Figura 4. Esquema de una transacción en blockchain



Nota. Adaptado de *Blockchain for Decentralization of Internet: Prospects, Trends, and Challenges* (p. 6), por Zarrin et al., 2021, *Cluster Computing*, 24 (1).

En informática y sobre todo en los sistemas informáticos distribuidos se mide la capacidad del sistema a fallas pudiendo alcanzar un consenso suficiente como para operar a pesar de los componentes maliciosos o, sencillamente, nodos que fallan pudiendo desecharlos y trabajar con los nodos confiables. Esta capacidad se conoce como la **Tolerancia a Fallas Bizantinas** (BFT por sus siglas en inglés) y este término a su vez deriva del **Problema de los Generales Bizantinos** presentado por Lamport et al., como experimento mental para plantear de manera metafórica la resolución de un problema a través de un conjunto de sistemas informáticos independientes, pero con un objetivo común. En él Lamport et al. exponen lo siguiente:

Imaginemos que varias divisiones del ejército bizantino están acampadas fuera de una ciudad enemiga, cada división comandada por su propio general. Los generales pueden comunicarse entre sí sólo por mensajero. Después de observar al enemigo, deben

decidir un plan de acción común. Sin embargo, algunos de los generales pueden ser traidores y tratar de impedir que los generales leales se pongan de acuerdo. Los generales deben tener un algoritmo que garantice el éxito de la operación. (1982, p. 1).

En su versión más simple, los generales deben decidir si atacar o por el contrario retirarse. El aspecto crucial de este problema es **conseguir un consenso** dado que un ataque de unos pocos generales llevaría el ejército a la derrota. En cambio, un ataque consensuado por todos los generales o una retirada consensuada, sería en cualquier caso siempre mejor que una derrota.

Para resolver este problema se debe buscar un algoritmo que consiga cumplir satisfactoriamente alguno de los siguientes objetivos:

1. Todos los tenientes leales toman la misma decisión.
2. Si el general es leal, entonces todos los tenientes leales realizan la orden que él decidió.

Además, se suelen realizar las siguientes condiciones adicionales de contexto para llegar a una solución factible:

1. Cada mensaje enviado llega correctamente.
2. Cada receptor del mensaje conoce su emisor.
3. La ausencia de mensaje puede ser detectada.
4. Ante la ausencia de mensaje ya se posee una orden por defecto.

Como se puede apreciar, **la problemática principal gira en torno a cómo se transmite la información**, ya que cualquier mensaje puede sufrir algún percance (retrasarse, desaparecer, manipularse, etc.) o incluso ser fraudulento. En esta analogía como un problema de toma de decisiones, la tolerancia a fallas bizantinas se resuelve si se consigue que los generales leales (no defectuosos) lleguen a un acuerdo mayoritario sobre la estrategia a llevar a cabo.

Si aplicamos la misma lógica a la TB, cada general podría representar a uno de los nodos que componen el sistema de *blockchain* y por ello, es crucial que éstos lleguen a un consenso para el correcto funcionamiento del sistema. En la TB no existe un nodo central que garantice que los libros de contabilidad de los nodos distribuidos sean todos

iguales y por eso es necesario la aplicación de protocolos de consenso que garanticen la coherencia de los distintos nodos.

Para conseguir esa mayoría de consenso la TB dispone de diversos mecanismos de los que Zheng et al. destacan los siguientes:

- **PoW** (*Proof of work*) es la estrategia de consenso empleada por el Bitcoin¹². Con este sistema cada nodo de la red calcula un valor *hash* de la cabecera del bloque, esta cabecera contiene un *nonce*¹³ y los “mineros”¹⁴ desarrollan grandes capacidades de cálculo para conseguir combinaciones con valores *hash*. El consenso se conseguirá cuando el valor calculado sea igual o menor que un valor determinado. Una vez que un nodo alcanza el valor objetivo, transmite el bloque a otros nodos y el resto deben verificar la corrección del valor *hash*. Si finalmente se valida el bloque, se añade a sus propias cadenas de bloques.
- **PoS** (*Proof of stake*) es una alternativa de ahorro de energía a PoW. Los nodos que minan en el modelo PoS deben demostrar la cantidad de moneda que poseen. El algoritmo de consenso premia a aquellos nodos que más cantidad de moneda poseen suponiendo que no será interesante para ello atacar la red. Esto propone un algoritmo de consenso que podría considerarse injusto puesto que el nodo que más cantidad tuviera estaría predestinado a dominar la red *blockchain*. Para evitar ese desequilibrio, se proponen diversas soluciones como combinarlo con la antigüedad de las monedas (Peercoin) donde los conjuntos de monedas más antiguos y grandes tienen mayor probabilidad de minar el siguiente bloque o utilizar la aleatoriedad (Blackcoin). El coste del cálculo en PoS es casi nulo por lo que el ahorro de energía respecto al PoW es notable; en cambio, lo hace un sistema de

¹² Bitcoin es la primera criptomoneda creada, concretamente, en 2009. Su objetivo era ser empleada para compras online. Su principal característica es que no está controlada por ningún banco central lo que conlleva que no sea posible generar inflación al crear más moneda, sino que la propia Red, mediante la “minería” gestiona la emisión en función de la demanda real. Además, no hay intermediarios ya que las transacciones se realizan directamente de persona a persona (*peer-to-peer*).

¹³ Palabra formada por las siglas en inglés de *number that can be only used once* (número que sólo puede usarse una vez), es un número arbitrario que se emplea en criptografía en los protocolos de autenticación.

¹⁴ Los nodos que calculan los valores *hash* son denominados “mineros” y al procedimiento PoW se le denomina minería en Bitcoin.

consenso más proclive a ataques. Muchas *blockchains* adoptan PoW al principio y se transforman en PoS gradualmente.

- **PBFT** (*Practical byzantine fault tolerance*) es un algoritmo específico para resolver el problema de los Generales Bizantinos (Zhang et al., 2020, p. 992) buscando asegurar la consistencia y corrección de la decisión final en presencia de nodos maliciosos en toda la red. Los nodos que participan en este sistema de consenso se dividen en nodos primarios y nodos de respaldo. El nodo primario recibe las peticiones de los clientes que después difunde a los nodos de respaldo. Hay una marca de etapa de tiempo llamada “vista” y cada vista utiliza un nodo primario diferente. Si un nodo primario falla, será entonces el nodo de respaldo el que formará un consenso y cambiará a la siguiente vista. Este algoritmo de consenso también incurre en un alto grado de consumo energético debido a que el proceso de consenso de PBFT se divide en tres etapas: pre-preparar, preparar y *commit* (comprometer). Transmitir la información tres veces es un desperdicio de ancho de banda de la red y cuando ésta está compuesta por un gran número de nodos, el rendimiento del protocolo PBFT se reduce bruscamente.
- **DPOS** (*Delegated Proof of Stake*) es un algoritmo de consenso creado en 2014 y que también ofrece Tolerancia a Fallas Bizantinas por lo que ofrece altos niveles de seguridad además de ser un algoritmo con un modelo orientado a la escalabilidad de la red *blockchain*. Su protocolo es democrático representativo donde los nodos eligen por votación, de manera proporcional a su porcentaje en la red, a sus “delegados” que generarán y validarán los bloques. Los delegados definen la rotación de líderes que serán los delegados encargados de generar el bloque y recibir la recompensa por ello. Con un número significativamente menor de nodos para validar el bloque, éste podría confirmarse rápidamente, lo que llevaría a una rápida confirmación de las transacciones.
- **El algoritmo de consenso de Protocolo Ripple (RPCA)** es un algoritmo de consenso que utiliza subredes de confianza colectiva dentro de una red mayor. En la red, los nodos se dividen en dos tipos: servidor y cliente. El servidor participa en el proceso de consenso y cliente únicamente fondos, aplicándose cada pocos segundos por todos los nodos, con el fin de mantener la corrección y el acuerdo de la red. El protocolo de consenso se inicia tomando cada

servidor todas las transacciones válidas que ha visto antes del comienzo de la ronda de consenso y que aún no se han aplicado y las hace públicas en forma de una lista conocida como "conjunto de candidatos". Cada servidor tiene una lista de nodos únicos (LNU) de los que obtiene sus conjuntos de candidatos y vota sobre la veracidad de todas las transacciones. Las transacciones que reciben un porcentaje mínimo de votos afirmativo pasan de ronda y los que no, son descartados o se postulan para el proceso de consenso en el siguiente libro mayor. La ronda final de consenso requiere un porcentaje mínimo del 80% de la LNU y todas las transacciones que cumplen este requisito se aplican al libro mayor (Chase y MacBrough, 2018, p. 4).

- **Tendermint Core** es un algoritmo de consenso bizantino. El mecanismo de consenso utilizado es PoS donde para cada periodo se selecciona un nodo aleatorio de un conjunto de validadores, que propone un nuevo bloque no confirmado para la ronda. Siempre que al menos dos tercios de los participantes sean honestos, el sistema de consenso funcionará y para ello el sistema se divide en tres fases:
 - 1) Fase de pre votación. Los validadores eligen si se emite un voto previo para el bloque propuesto.
 - 2) Paso de pre compromiso. Si el nodo ha recibido más de $2/3$ de votos previos para el bloque propuesto, emite un pre compromiso para ese bloque. Si el nodo recibe más de $2/3$ de pre compromisos, entra en la etapa de compromiso.
 - 3) Paso de confirmación. El nodo valida el bloque y emite una confirmación para ese bloque (2017, p. 559).

4.2.3. Sistemas de *blockchain*

Existen diferentes tipos de TB según el tratamiento que realiza a los tres componentes técnicos fundamentales para el desarrollo de esta tecnología: el libro de cuentas, la inmutabilidad del dato almacenado y el algoritmo de consenso. Así, como se puede ver en la Tabla 2, se pueden diferenciar tres tipos de *blockchain* comparando sus propiedades distinguiendo entre TB pública, TB de consorcio (híbrida) y TB privada (Zarrin et al., 2021, p. 8).

Tabla 2. Comparación entre blockchain pública, híbrida y privada

Propiedad	Blockchain pública	Blockchain híbrida	Blockchain privada
Determinación del consenso	Todos los mineros	Selección de nodos	Una organización
Permiso de lectura	Público	Público o restringido	Público o restringido
Inmutabilidad	Casi imposible de manipular	Manipulable	Manipulable
Eficiencia	Baja	Alta	Alta
Centralizado	No	Parcial	Sí
Proceso de consenso	Sin permisos	Sin permisos	Sin permisos

Nota. Adaptado de *Blockchain for Decentralization of Internet: Prospects, Trends, and Challenges* (p. 8), por Zarrin et al., 2021, *Cluster Computing*, 24 (1).

La TB pública abre a todo el mundo la posibilidad de participar en el proceso de verificación y consenso dentro de la cadena de bloques. En una cadena de bloques pública los permisos de lectura y escritura de sus nodos es totalmente libre. Ethereum, la plataforma de código abierto, es un ejemplo idóneo de la aplicación de la TB pública. Gracias a que habilita a la comunidad de desarrolladores para la creación de aplicaciones descentralizadas (DApps). Este nuevo concepto de aplicaciones (tanto a nivel de páginas web como de aplicación para dispositivos móviles) promulgan un cambio de paradigma donde no es necesario que un agente central gestione el servicio, sino que son los propios usuarios, los nodos independientes de la red del servicio, los que consensuan de manera automática la validez o no de cada registro, consiguiendo así una gestión y control descentralizados. Para que una aplicación sea considerada una aplicación descentralizada (DApp) debe cumplir tres principios básicos (Johnston et al., 2015):

1. Debe ser de código abierto y ejecutarse de manera autónoma sin que ninguna autoridad controle la mayoría de sus *tokens*¹⁵ y sus datos y registros de operación deben ser almacenados criptográficamente en una TB pública y descentralizada.
2. La aplicación debe generar *tokens* según un algoritmo o conjunto de criterios estándar. Estos *tokens* deben ser necesarios para el uso de la aplicación y cualquier contribución de los usuarios debe ser recompensada mediante el pago en *tokens* de la aplicación.
3. Todos los cambios realizados deben ser aprobados por una mayoría consensuada a través del mecanismo PoW (p. 3).

La aplicación puede adaptar su protocolo en respuesta a las mejoras propuestas y a los comentarios del mercado, pero todos los cambios deben ser decididos por consenso mayoritario de sus usuarios.

La TB híbrida sólo elige nodos seleccionados de una rama pública o privada de la *blockchain* para manejar su proceso de verificación y consenso, convirtiéndose así en un híbrido entre las cadenas de bloque públicas y privadas dado que su lógica sólo permite a unos nodos seleccionados la capacidad de lectura y de escritura (Zarrin et al., 2021, p. 7).

La TB privada utiliza nodos privados de una organización que están restringidos al público para manejar el proceso de verificación y consenso de la cadena de bloques donde no todos los nodos pueden participar en ambos procesos incluso si los nodos son de la misma organización o grupo. Su diferencia fundamental con la TB híbrida es que ésta no se consolida a partir de un solo grupo, sino que están formados por múltiples grupos diferentes (Zarrin et al., 2021, p. 8).

4.3. EVOLUCIÓN

En su punto de partida, la TB se centró en las transacciones y las criptomonedas como el Bitcoin. Su éxito fue tal que quedó oculto el verdadero potencial de esta

¹⁵ Un *token* (ficha en inglés), técnicamente es otra manera de denominar a una moneda virtual ya que representa una unidad de valor de una organización o entidad privada y este valor depende directamente la organización o entidad que lo ha creado. P. ej. las fichas de un casino. Son parte (superior) de la cadena de bloques y no consecuencia de ella como sucede con las monedas virtuales.

tecnología limitándolo únicamente a su valor financiero. Pero la TB es una “tecnología viva”, sin propietario, creada por la comunidad y desarrollada por los nuevos participantes empleando nuevos tipos de tecnología y usos de la cadena de bloques. Dependiendo de las tecnologías usadas y usos de la *blockchain* destaca cuatro etapas fundamentales en la evolución de la TB (Angelis y Ribeiro da Silva, 2019):

1. **Blockchain 1.0:** centrado en las transacciones focalizadas en el despliegue de criptomonedas como el Bitcoin lanzada en 2009.
2. **Blockchain 2.0:** surge con el lanzamiento de *Ethereum*¹⁶ en 2014 siendo una extensión de la blockchain 1.0. Por primera vez los desarrolladores podían diseñar e implementar procesos de blockchain fuera de las criptomonedas. Abarca la privacidad, los contratos inteligentes (*smart contracts*¹⁷) y la aparición de tokens y capacidades de la TB de activos no nativos.
3. **Blockchain 3.0:** amplía el enfoque de la TB para incorporar aplicaciones descentralizadas (o *Dapps*) que se apoyan en la capacidad de transacción de las criptomonedas, la programática de un contrato *smart contract* y la TB, lo que las hace totalmente confiables y predecibles. Una vez “minadas” en Ethereum siempre se ejecutarán según la lógica programada. Consiste en un código *back-end*¹⁸ que se ejecuta en una red descentralizada P2P y que conecta directamente a proveedores y usuarios.
4. **Blockchain 4.0:** es la etapa actual y supone un salto de valor de la TB que se asocia a una interacción con la Inteligencia Artificial (IA). Dos lados de un mismo espectro tecnológico, donde una se basa en la teoría probabilística para predecir y evolucionar sin un control total del resultado (IA) y la TB, por el contrario, que emplea un algoritmo determinista que siempre arroja los mismos resultados ante las mismas condiciones. Esto, permitirá a los sistemas tomar decisiones y actuar en consecuencia sin la interacción del ser humano de manera directa. Se mantiene un grado de control de la gestión y de la toma

¹⁶ Plataforma de código abierto basada en blockchain y creada por Vitalik Buterin en 2015 con el propósito de crear un instrumento para el desarrollo de aplicaciones descentralizadas y colaborativas.

¹⁷ Programa informático con la capacidad de ejecutarse y hacerse cumplir de manera autónoma según lo programado por su creador sin la necesidad de intermediación de una entidad supervisora.

¹⁸ Término empleado para referirse al área lógica, la arquitectura interna, de un software que asegura que todos sus elementos se ejecuten de forma correcta.

de decisiones, pero se centra en la definición de las direcciones más que en las ejecuciones (p. 308).

Las tres primeras etapas descritas no están definidas únicamente por la inclusión de una nueva funcionalidad o tecnología a la TB, sino que las nuevas capacidades incorporadas tienen la potencialidad de crear nuevos mercados que de otro modo no serían posibles multiplicando el valor de la tecnología en sí misma. Por su parte, la cuarta etapa va a suponer la convergencia “natural” de dos tecnologías que trabajan con los mismos ingredientes: datos y valor. La TB aporta la eficiencia en el flujo de los datos y la IA aporta los modelos de aprendizaje automatizados, analizando y generando alternativas a raíz de los datos obtenidos.

5. LA AGRICULTURA

La agricultura es una de las actividades más importantes para el progreso y desarrollo de las regiones. Esta actividad económica es la responsable del abastecimiento de los alimentos a nivel mundial, contribuye al desarrollo sostenible, a la reducción de pobreza, fomenta la creación de empleos, además de otros múltiples beneficios que aporta a la sociedad (Carrillo Riofrío et al., 2021, p. 1654). Esta realidad no es óbice para no tener en cuenta los retos que plantea la época actual a esta industria fundamental donde se apremia al sector rural a transformar sus procesos productivos buscando una mejora de la calidad de vida de la población y recorrer un camino que lleve a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible¹⁹ (ODS) donde sus dos primeros objetivos promueven el fin de la pobreza en todas sus formas en todo el mundo y la erradicación del hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición promoviendo una agricultura sostenible (Naciones Unidas, s.f.). Antes este escenario mundial, las propias Naciones Unidas (ONU) motivan a la transformación:

Al mismo tiempo, es necesario llevar a cabo un cambio profundo en el sistema agroalimentario mundial si queremos alimentar a más de 820 millones de personas que padecen hambre y a los 2000 millones de personas más que vivirán en el mundo en 2050. El aumento de la productividad agrícola y la producción alimentaria sostenible son cruciales para ayudar a aliviar los riesgos del hambre (s.f.).

Tal y como expone Hughes (2019), realizar el esfuerzo de migrar el desarrollo tecnológico agroalimentario hacia la TB podría suponer numerosos beneficios para conseguir la consecución de los ODS de la ONU (p. 125). Una primera aplicación se podría ver en el caso de los países en desarrollo donde existen problemas en la integridad de los productos alimentarios básicos, debido al reto que supone a la gestión logística las actuales barreras lingüísticas y la diversidad geográfica. Las características de la TB pueden ofrecer un gran avance para el envío y supervisión del ciclo de vida de los bienes consumibles. Esta tecnología tiene el potencial de actuar como disruptor del cambio en multitud de contextos industriales. Sus atributos proporcionan potenciales soluciones globales que automatizan los modelos tradicionales evitando la necesidad de supervisión

¹⁹ Son los 17 objetivos globales e interconectados establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG-ONU) y que se pretenden alcanzar en el año 2030.

y validación de terceros que garantice la integridad del producto o servicio y el cumplimiento de lo pactado. Siendo uno de los aspectos más relevante la cadena de valor alimentaria.

5.1. LA CADENA DE VALOR ALIMENTARIA

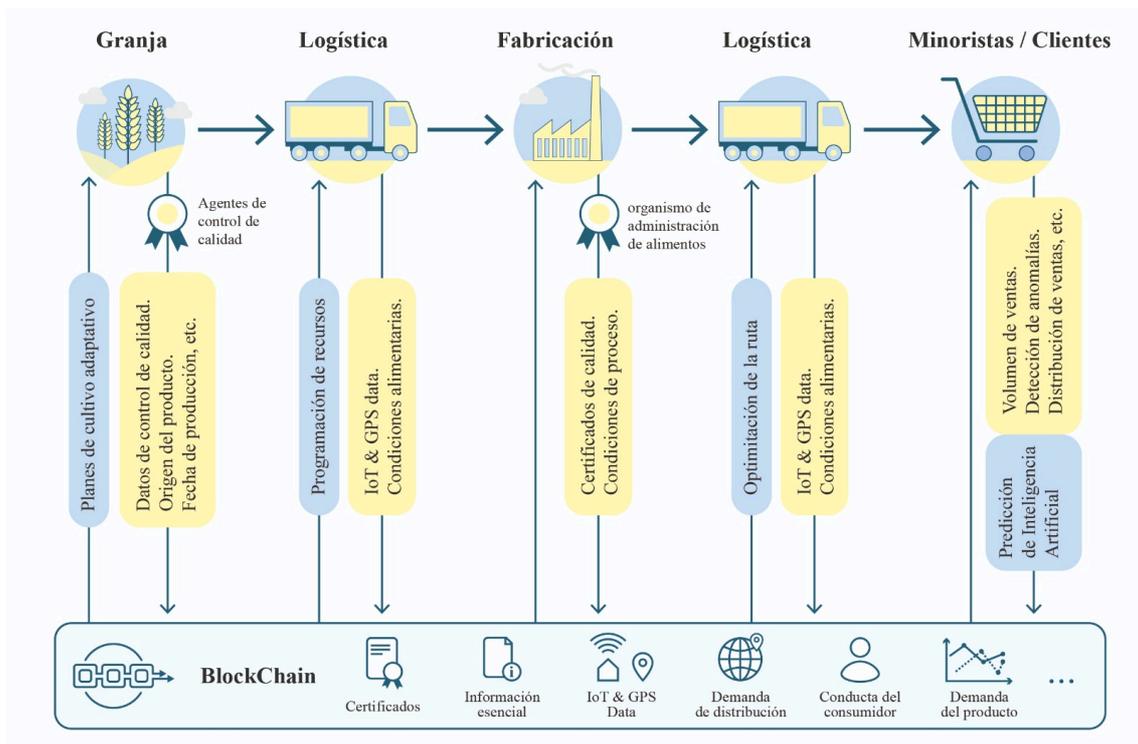
En las últimas décadas se han sucedido un gran número de escándalos alimenticios a nivel mundial y local, que ha provocado una preocupación del consumidor por saber realmente qué está ingiriendo, poniendo en entredicho las características de calidad y seguridad de los productos, así como de la fiabilidad del etiquetado de los alimentos.

La cadena de valor está formada por diferentes actores que son los que conforman los diferentes eslabones de la misma y cada uno de ellos, independientemente del punto donde se encuentren, deben cumplir con todas las normas vigentes en salud alimentaria (la ausencia, o la existencia de niveles seguros de contaminantes en los alimentos) para garantizar el adecuado suministro de productos inocuos. Esta cadena dispone de los siguientes eslabones y alguno de ellos puede ser desarrollado por más de una empresa:

- Granja. El génesis de la cadena de valor y donde se originan los ingredientes: carne, fruta, verduras, alimentos, bebidas, etc.
- Procesado. El eslabón más reconocible para la sociedad puesto que son los responsables de transformar la materia prima (o procesar) en el producto final que será consumido.
- Distribución. Fase donde se desplaza el producto final desde el eslabón del procesado hasta el siguiente, el comercio. Habitualmente esta fase tiene normativas y controles de seguridad adicionales puesto que en un eslabón de la cadena de suministro de mucho riesgo y donde las condiciones exógenas al propio responsable de esta fase pueden afectar al estado del producto.
- Comercio. Primer punto de encuentro entre el producto y el consumidor final. En este punto se encuentra también, por ejemplo, los restaurantes que como sucedía con la fase de distribución son otro punto débil de la cadena y dispone de normativa adicional, ya que manipulan el producto final que recibirá el consumidor.
- Consumidor. Todas y cada una de las personas que compran y consumen un producto alimenticio.

Lin et al. (2020, p. 143932), como se puede ver en la Figura 3, ilustran un posible sistema mejorado de cadena de suministro basado en TB en la era *pos-COVID-19*. Proponen un sistema donde los minoristas son consumidores de información, no proveedores, integrando los datos del minorista y del cliente en la *blockchain*.

Figura 7. Solución mejorada de la cadena de suministro basada en blockchain después de la COVID-19



Nota. Adaptado de *Blockchain Technology in Current Agricultural Systems* (p.143932), por Lin et al., 2020, *IEEE Access*, 8.

En España se creó en 2001 la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) adscrita al Ministerio de Consumo y encargada de garantizar la seguridad alimentaria. Tomando como referencia el último año natural concluido, en 2021 la agencia publicó 9 alertas de seguridad AESAN (2021) :

1. *Alerta por falta de garantías sanitarias en productos de bollería procedentes de España (Ref. ES2021/064). 22 de febrero de 2021.*
2. *Alerta por presencia de Listeria monocytogenes en embutidos procedentes de Cataluña (Ref. INF2021/0056). 16 de abril de 2021.*

3. *Ampliación de información de la Alerta por presencia de Listeria monocytogenes en embutidos procedentes de Cataluña (Ref. ES2021/126, Ref. anterior: INF2021/0056). 27 de abril de 2021.*
4. *Alerta por presencia de Listeria monocytogenes en salmón ahumado marinado procedente de España. (Ref.ES2021/146). 19 de mayo de 2021.*
5. *Alerta por presencia de fragmentos de cristal en foie gras de pato entero procedentes de Francia (Ref: ES2021/255). 27 de junio de 2021.*
6. *Alerta por presencia de Salmonella en fuet/secallona procedentes de España (Ref: ES2021/243). 28 de julio de 2021.*
7. *Alerta por presencia de Listeria monocytogenes en productos cárnicos tratados con calor procedentes de España (Ref ES2021/289). 10 de agosto de 2021.*
8. *Información procedente de la Junta de Andalucía: Alerta por presencia de Listeria monocytogenes en queso fresco de cabra y vaca. Exclusivamente en la Comunidad Autónoma de Andalucía. 16 de septiembre de 2021.*
9. *Alerta por presencia de Listeria monocytogenes en snacks de cerdo “Urechi Snacks” procedentes de Rumanía. 12 de diciembre de 2021.*

En los años precedentes el número de alertas fue más elevado, pero 2021 sirve perfectamente para comprender la situación de inseguridad que percibe el consumidor. Es por ello, que los gobiernos han introducido medidas normativas para corregir las ineficiencias del mercado. En 2002 la Unión Europea introdujo el Reglamento 178/2002 que representa uno de los instrumentos más importantes para garantizar los flujos de información de la cadena de valor alimentaria, obligando a trazar las etapas involucradas con máxima precisión el Reglamento (CE) N.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo (2002, Consideración 10):

La experiencia ha demostrado que el funcionamiento del mercado interior de los alimentos o de los piensos puede ponerse en peligro cuando es imposible rastrear los alimentos y los piensos. Por lo tanto, es necesario establecer un sistema completo de trazabilidad en las empresas de alimentos y piensos para poder realizar retiradas específicas y precisas o dar información a los consumidores o a los funcionarios encargados del control, evitando así la posibilidad de que se produzcan trastornos más amplios e innecesarios en caso de problemas de seguridad alimentaria (p. L 31/2).

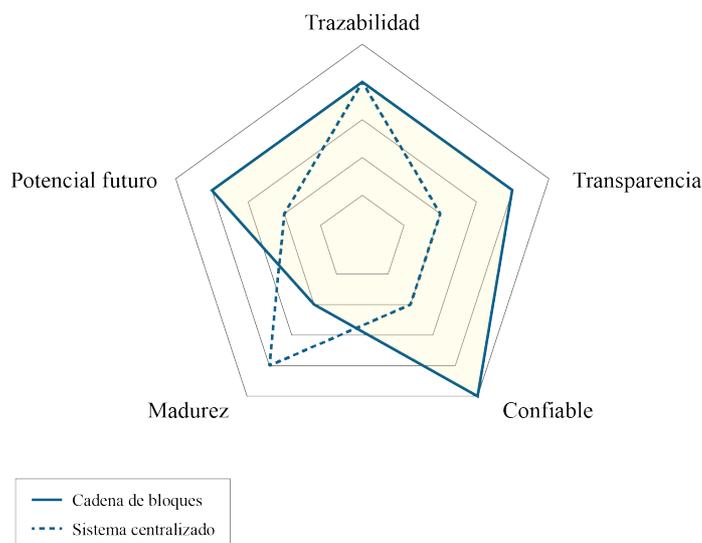
Así como en su Artículo 8 sobre la **protección de los intereses de los consumidores** (2002):

1. *La legislación alimentaria tendrá como objetivo proteger los intereses de los consumidores y ofrecerles una base para elegir con conocimiento de causa los alimentos que consumen. Tendrá asimismo como objetivo prevenir:*
 - a. *las prácticas fraudulentas o engañosas;*
 - b. *la adulteración de alimentos, y*
 - c. *cualquier otra (p. L 31/9).*

La adopción de soluciones tecnológicas como la tecnología de identificación por radiofrecuencia, la identificación electrónica y los códigos de barras, los envases y dispositivos inteligentes, las pruebas de ADN y los biosensores, han permitido una gestión más transparente y eficiente de los productos rastreados y una mejor optimización de los procesos empresariales, gracias a una información oportuna, precisa, accesible, disponible y de alta calidad (Stranieri et al., 2021, p.1). Sin embargo, los sistemas de trazabilidad existentes no garantizan un flujo de la información consistente a lo largo de toda la cadena de valor alimentaria.

La TB en cambio, es una tecnología digital que permite el flujo natural de la información de las diferentes transacciones sin necesidad de intermediarios, tal y como ilustra la Figura 1. Las cadenas de bloques, permiten la trazabilidad de un producto de principio a fin manteniendo durante todas sus fases un mismo lenguaje tecnológico a toda la cadena de valor. Este hecho redundará en el beneficio mediante una doble dirección, a las autoridades sanitarias porque cada pieza de información puede proporcionar datos críticos ante un potencial problema de seguridad alimentaria y del consumidor porque puede conocer, si lo desea, todo el proceso que ha experimentado el producto dentro de una compleja cadena de suministro y tener la seguridad de que la información que percibe es veraz. Pudiendo comprobar si el producto es orgánico, libre de gluten o simplemente quiere tener la certeza del origen físico del mismo para, por ejemplo, una denominación de origen.

Figura 10: Blockchain (línea sólida) comparado a un sistema centralizado (línea discontinua)



Nota. Adaptado de *Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis* (p. 223), por Galvez et al., 2018, *Trends in Analytical Chemistry*, 107.

5.2. BLOCKCHAIN APLICADA A LA AGRICULTURA

Tal y como promulga el Reglamento (CE) N.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, todos los eslabones de la cadena de valor alimentaria (agricultores, distribuidores, envasadores, procesadores, tiendas de comestibles, restaurantes, comerciantes) deben tener interés en demostrar a los consumidores la calidad y diligencia que tienen a la hora de producir y poner a disposición sus productos.

En las últimas décadas, el aumento de los volúmenes de comercio mundial ha dado lugar a una complejidad sin precedentes a la relación entre proveedores, fabricantes, transportistas, mayoristas, minoristas, bancos, organizaciones comerciales, sistemas, contratos, procesos y tecnología que subyacen al comercio mundial. Provocando la preocupación por las condiciones de trabajo, las ineficiencias, la calidad, interrupciones de producción o incluso el fraude. Es por ello, que ya se habla de **cadena de valor global**²⁰ consolidándose cada vez más este concepto entre agentes y mercados donde han pasado de ser organizaciones integradas verticalmente a orquestadores de redes, que

²⁰ Una cadena de valor global es el conjunto de actividades necesarias para la producción de un bien o servicio que se coordinan en diferentes localidades geográficas, normalmente, entre diferentes países.

coordinan actividades económicas dispersas geográficamente a través de cadenas de valor mundiales (Chen et al., 2022, p. 76).

Una persona que conozca de manera vaga la TB seguramente no tendrá dudas de que tiene el potencial y la capacidad de reinventar por completo los mercados monetarios, sus pagos, los servicios financieros y la economía; también posee la potencia para reconfigurar de igual modo a cualquier industria como la agroalimentaria. La *blockchain* propone fundamentalmente un nuevo paradigma para organizar la actividad con menos fricción y más eficiencia, a una escala muy superior al sistema actual, facilitando la coordinación y el reconocimiento de todo tipo de interacción humana y posibilitando un nivel superior de colaboración entre el humano y la máquina. Sería una visión muy sesgada de su potencial real quedarse simplemente con las bondades de la descentralización y la autorregulación comentadas al inicio de este TFG, esta tecnología permite un alcance y una escala universal y global que en etapas anteriores era inviable (Swan, 2015, p. 27).

La tecnología afecta a todas las etapas del proceso de producción y las cadenas de valor mundiales; su convergencia plantea un nuevo conjunto de opciones estratégicas relacionadas con el valor. Estas opciones tienen que ver con la forma en que se crea el valor dentro de las empresas y se redistribuye entre los actores de la industria, los países y los consumidores y la sociedad. Las cadenas de suministro modernas exigen una solución mejor para combatir los actuales puntos de conflicto de la manipulación manual de documentos, auditorías posteriores y la incoherencia en el mantenimiento de registros que resultan un coste para los integrantes de la cadena, retraso en sus procesos y un foco de errores. Errores que se magnifican si esta cadena está compuesta por eslabones de diferentes países con diferente cultura, idioma, legislación o fiscalidad. La automatización y regulación de estos procesos posibilita una estructura de datos homogénea que puede ser empleada para automatizar *smart contracts*, certificaciones u operaciones de mercado. Galvez et al. (2018, p. 225) definen mediante tres aspectos clave aquellos por los que la TB puede ser altamente beneficiosa para la cadena de valor: transparencia, eficiencia y seguridad.

5.2.1. Transparencia y trazabilidad

El objetivo principal de la TB es facilitar la información, creando un gemelo digital²¹, optimizando sus flujos de trabajo y validando la calidad de los alimentos a medida que transcurren a lo largo de la cadena de valor. Como sucede con Trazable, una de las empresas consultadas en este TFG y que tiene como actividad principal la trazabilidad alimentaria, permite a sus clientes controlar y optimizar a través de TB su cadena de valor de principio a fin. El objetivo de optimizar la información y el conocimiento que genera, compartiéndola entre todos los eslabones de la cadena para mejorar sus procesos y toma de decisiones, se consigue permitiendo compartir a cada participante las afirmaciones, pruebas y evaluaciones que van recogiendo como motivo de su actividad.

Lin et al. (2020) confirman que el uso más popular de la TB en el sector agrícola es su función de trazabilidad y procedencia en la gestión de la cadena de suministro de productos. También aseguran que es la forma más eficiente de mejorar la seguridad alimentaria, permitiendo reducir el fraude y minimizando los escándalos alimentarios ya que todos los datos relevantes de todo el ciclo de vida del producto han podido ser almacenados y consultados con el mínimo riesgo de manipulación (p. 143924).

La empresa estadounidense Walmart fue pionera en desplegar una solución de trazabilidad alimentaria a través de TB y con ayuda de la empresa IBM. Una empresa que visitan de manera presencial y online cada semana, aproximadamente 230 millones de clientes (disponen de más de 10.500 tiendas en 24 países). Con unos ingresos en el año fiscal 2022 de 573.000 millones de dólares. Walmart emplea a aproximadamente 2,3 millones de personas en todo el mundo (Walmart, 2022). La solución que implementó consistió en dos estudios piloto que trazaban toda la cadena de suministro del cerdo en el mercado chino y del mango en el mercado estadounidense (Lin et al., 2020).

Walmart consideró varias tecnologías de cadena de bloques, pero finalmente se decidió por Hyperledger Fabric²², una infraestructura modular de blockchain *Open*

²¹ Técnicamente es una réplica digital de un producto, servicio o proceso creada para someterlo a una alta intensidad de estrés para comprobar su rendimiento real, corregir errores si los hubiera y depurar el sistema.

²² Proyecto de código abierto de Linux Foundation. Es una infraestructura *blockchain* diseñada como base para desarrollar aplicaciones empresariales y soluciones industriales. En ella participan más de 120.000 organizaciones y colaboran más de 15.000 ingenieros (IBM, s.f.).

Source. La página web de Hyperledger Foundation describe el proceso de desarrollo de las dos pruebas de concepto:

“El equipo también consideró importante trabajar con una cadena de bloques de código abierto y neutral en cuanto a proveedores. Dado que el sistema de trazabilidad de los alimentos iba a ser utilizado por muchas partes, incluidos los proveedores de Walmart e incluso los competidores directos, el ecosistema tecnológico subyacente debía ser abierto.” (...) “Cada pregunta que teníamos, parecía que la comunidad de Hyperledger ya había estado trabajando para resolverla” afirma Karl Bedwell, director senior de Walmart Technology (s.f.).

En octubre de 2016 Walmart anunció sus dos pruebas de concepto para trazabilidad alimentaria mediante *blockchain*. Tras el éxito de ambas pruebas, en agosto de 2017, Walmart colaboró con IBM, Nestlé y Unilever para lanzar la solución de IBM “IBM Food Trust”. Y en septiembre de 2018 Walmart ya rastreaba más de 25 productos de 5 proveedores diferentes a través de sus certificados electrónicos, incluidos los tratamientos agrícolas, los números de identificación, los fabricantes, las cuestiones de seguridad, los permisos y los registros relacionados con la seguridad, todo almacenado en los archivos de registro (Lin et al., 2020, p. 143924) modificando el tiempo de rastreo de la procedencia de 7 días a 2,2 segundos (Hyperledger Foundation, s.f.).

Pero el aporte de valor de la trazabilidad y transparencia de la cadena de valor no se limita a los sectores productivos, la concienciación de la sociedad sobre los ODS a nivel social y político, puede acercar el objetivo de 2030. Tal y como señalan (Hastig y Sodhi, 2020, p. 937), muchos actores de la cadena de valor perciben como crucial la TB para abolir la explotación infantil o condiciones injustas laborales desde donde se extraen materias primas como el algodón, el cacao o el azúcar en países con legislaciones más laxas en materia de derechos laborales y humanos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA, o más conocida como FAO, en su artículo web “Proteger el derecho a la infancia” (2022) afirma que 160 millones de niños y niñas en todo el mundo se ven privados de su infancia a causa del trabajo infantil. De este total, el 70% de los niños lo hacen en el sector agrícola: cultivos, ganadería, silvicultura, pesca o acuicultura.

“Promover y hacer que se cumplan las medidas contra el trabajo infantil a nivel global, es la única forma de proteger a los niños del mundo, y a través de ellos, nuestro futuro común.”

Un sistema de cadena de valor basado en TB que rastrease ese tipo de materias primas desde su origen, tendría la capacidad de mostrar qué productos están producidos mediante materias primas de dudosa procedencia, informar al consumidor final o los responsables de regular los mercados, y favorecer a las empresas productoras responsables.

5.2.2. Eficiencia

Como se ha descrito en este TFG, la *blockchain* es una tecnología que genera la estructura necesaria para permitir transacciones descentralizadas entre actores (nodos) que no se conocen ni confían entre sí. La *blockchain* 3.0 introdujo una nueva funcionalidad, instrucciones automatizadas que interactúan con el protocolo de la TB que, cumplidas, posiblemente publicarán la transacción en la red. Esta nueva funcionalidad es conocida como *smart contract*.

El modelo tradicional de industria agroalimentaria se caracteriza por una limitada automatización en los flujos de trabajo, tanto inter-empresas como intra-empresa, debido a una preocupación por la seguridad de la información, así como un reducido conocimiento sobre la tecnología y sus aplicaciones. La implantación de la TB en la cadena de suministro debe ser adoptada por sus gestores “porque prácticamente todas las transacciones con *blockchain* son más seguras, transparentes, trazables y eficientes. Además, la cooperación entre los miembros de la cadena de suministro tiende a aumentar lo que se refleja en la reducción de costes y el aumento de la eficiencia en la cadena de suministro” (Queiroz y Fosso Wamba, 2019, p. 70) .

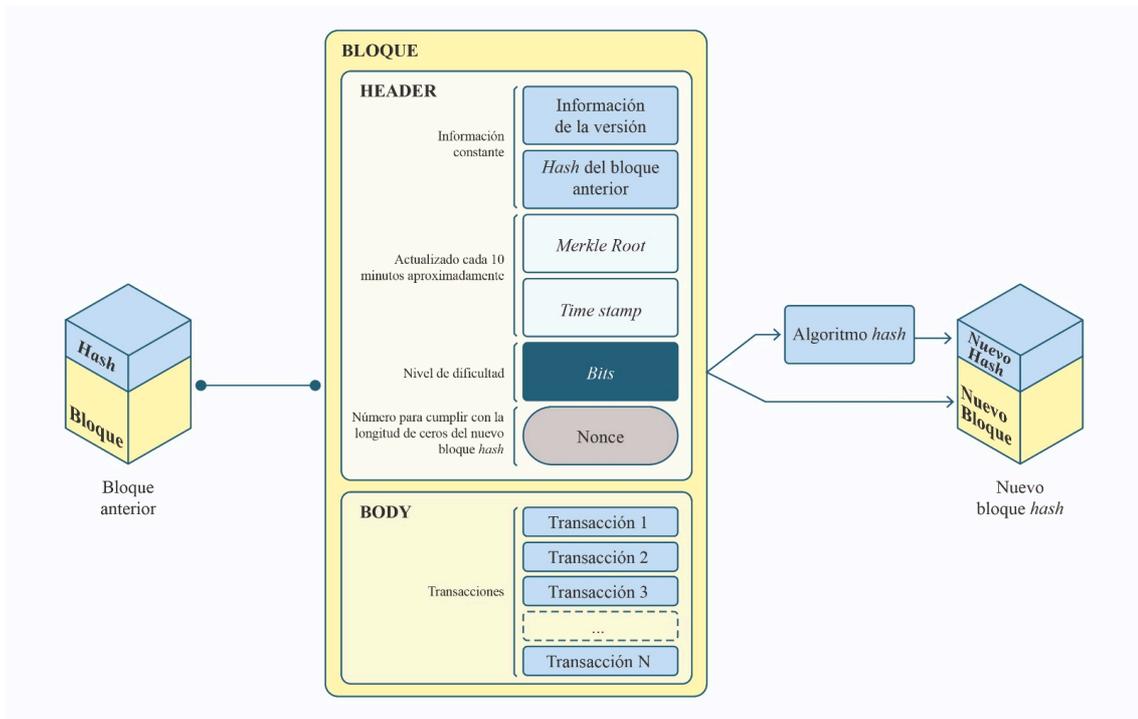
Así pues, la implantación de TB en todo el ciclo de vida del producto, no sólo aumenta la eficiencia, sino que también disminuye costes y mejora la relación entre las partes interesadas además, de generar mayor confianza y agilizar los procesos dependientes unos de otros. Como afirman Queiroz y Fosso Wamba (2019, p. 79) numerosos estudios recientes han investigado el impacto de la TB en las cadenas de suministro centrandó la atención en los costes, la calidad, la reducción del riesgo y la flexibilidad, etc., dando como resultado que casi todas las empresas querían aprovechar

la gran cantidad de mejoras que aporta la TB abarcando la mejora de procesos durante todo el ciclo de vida de un producto, así como el incremento de la confianza y la fiabilidad. Gracias a compartir la información relacionada entre todos los participantes de la red. “Por lo tanto, las relaciones entre las partes interesadas (cooperación y confianza, entre otras) se verán afectadas muy positivamente en las cadenas de suministro”.

5.2.3. Seguridad

Una transacción realizada mediante *blockchain* opera en una red P2P de manera descentralizada siendo validadas y almacenadas por un consenso distribuido sin la necesidad de una entidad central que asuma la autoridad y valide las transacciones.

Figura 13. Estructura de datos de la blockchain



Nota. Elaboración propia

Como recuerda la Figura 5, cada bloque está conectado con el anterior, y esta cadena es la que permite que cualquier transacción anterior pueda ser rastreada explorando los bloques anteriores. Como cada bloque dispone de su propio *hash*, con un *nonce*, también trae el *hash* del bloque anterior y genera la máxima seguridad en las transacciones. Una vez validada la transacción, no puede ser modificada.

Además, la TB también pueden utilizarse para emitir y gestionar la creación de *tokens* criptográficos únicos. Estos tokens son objetos digitales que tienen la capacidad de representar propiedades, activos o derechos que tienen un carisma transaccional y de propiedad estrictos. La TB no sirve únicamente para generar criptomonedas, sino que permite adquirir *tokens*, una unidad de valor que una organización crea para gobernar su modelo de negocio, permitiendo a los usuarios interactuar con sus productos.

Dos Santos et al. (2021, p.8) exponen que durante décadas, la forma tradicional de comercializar con los cultivos ha sido a través de la producción de su cosecha, generando un producto fungible. Las normas y procedimientos comerciales a nivel mundial exigen que una fanega de trigo sea totalmente fungible con otra fanega de trigo, pero ambas fanegas, de ningún modo, tendrán las mismas propiedades, aunque sí que comparten un atributo y es que ambas son objetos físicos. Su pureza, su tamaño o los niveles máximos de contaminación a los que se han visto expuestas serán diferentes. Para poder hacer el seguimiento con seguridad de este objeto físico, es necesario registrar de manera digital todos sus datos relevantes que harán de ese objeto algo único y aplicarle una capa de seguridad a la información a través de su “tokenización”.

Desde una perspectiva técnica, la TB se puede emplear para administrar la transferencia de activos tradicionales tales como cosechas, participaciones empresariales o parcelas, simplemente al correlacionar los derechos de propiedad con un *token* respaldado por la *blockchain*, se puede representar de manera abstracta un valor en correspondencia con el activo real (Jiménez, 2019, p. 65). La capacidad de “tokenización” permite que se genere un gemelo digital de cualquier activo, pudiendo automatizar su comportamiento y operaciones mediante *smart contracts* que ejecutan sus condiciones contractuales de manera automática dotándole de seguridad y fiabilidad a la operación. Lin et al. (2020, p. 143926) expone un ejemplo de seguridad y fiabilidad alimentaria del proceso de producción del zumo de melocotón mediante la supervisión de la calidad de los alimentos combinando modelos de evaluación y *smart contracts* para conseguir tal propósito.

5.2.4. Retos a tener en cuenta

En los puntos anteriores se han abordado todas las aplicaciones que la TB puede implementar en el sector agroalimentario, pero todas estas nuevas formas de interactuar

de una industria llevan consigo una serie de retos a nivel técnico y conceptual que Kamble et al. (2020) definen en:

- Los enormes costes energéticos que son necesarios para dotar de capacidad de cálculo a los diferentes sistemas de consenso con las consecuentes preocupaciones medioambientales que conlleva.
- Las transacciones realizadas en la *blockchain* son inmutables, por tanto, ante cualquier error producido por cualquier circunstancia, no se podrá realizar ninguna corrección en la base de datos compartida.
- Conseguir la interoperabilidad entre diferentes sistemas *blockchain* logrando una combinación óptima resulta una tarea altamente compleja.
- El paso del actual sistema de bases de datos centralizadas (ERP) a un sistema descentralizado implica un cambio de mentalidad, rompiendo con una tradición tecnológica, que implicará una justificación adicional para transmitir los beneficios de este cambio (p. 5).

Por su parte Dutta et al. (2020) centran estos retos en las implicaciones que conlleva la propia estructura de la *blockchain* y es que el propio tamaño de los bloques que se van añadiendo a la cadena, puede suponer un factor limitante en términos de rendimiento y uso eficiente de la plataforma. Dutta et al. sintetizan estos retos de los que se pueden destacar tres aspectos:

- Escalabilidad: con un número cada vez mayor de transacciones y los grandes tamaños de las cadenas creadas, aumentan los tiempos de respuesta y sus costes asociados. A medida que el número de usuarios aumenta, el crecimiento de la *blockchain* sin verse perjudicada la plataforma para dar servicio a la demanda de los usuarios, aumenta en complejidad.
- Privacidad: La seguridad, el almacenamiento y la gestión de los datos son elementos clave de la TB, pero en las *blockchain* públicas la información se almacena en una base de datos pública siendo este hecho un posible foco de problemas de privacidad y confidencialidad.
- Latencia: el tiempo de procesamiento de cada bloque dentro de la *blockchain* de Bitcoin, por ejemplo, junto con la comprobación de

seguridad, tarda varios minutos. Esto muestra que grandes estructuras *blockchain* sufren problemas de latencia (p. 18).

6. OPINIÓN DE LOS PROFESIONALES

Los diferentes profesionales con los que se ha tenido la oportunidad de conversar han aportado su opinión sobre la TB y el nivel de implantación que está teniendo en la industria agroalimentaria, así como en la sociedad. De entre todo lo discutido se pueden extraer los siguientes puntos clave:

PRIMERO. El grado de apertura del profesional agrícola a la TB es bajo, aunque el sector está movilizándose para difundir la tecnología y su aplicación.

Las personas entrevistadas P1, P2, y P3 coinciden en que el nivel de apertura general del sector es bajo a esta tecnología y en general a la aplicación de nuevas tecnologías, así como el grado de conocimiento general más allá de su concepto de criptomoneda.

Pues te diría que en general, la tecnología blockchain fuera del mundo criptomoneda, ya sea financiera, es baja, se trata de un mercado incipiente, en el que puede cuadrar para las empresas que dan solución, pero también hay poca diferenciación porque es un poco es difícil comparar. (...) En el sector agroalimentario particularmente es más baja que en otros sectores, esto es una falta de digitalización que tiene el sector, pero se compensa por la propuesta de valor que se ofrece (P1).

O sea, blockchain, justo creo que el grado de apertura es bajo (P2).

Pues mira la madera, muy tímida porque son empresas familiares y hay de todo, hay desigualdades, hay “empresones”, las empresas muy grandes ya están digitalizadas. (...) Pero las empresas más familiares, más pequeñitas, tienen... voy a decir incluso hostilidad hacia la tecnología, les da mucha pereza. Cualquier plataforma tecnológica con sistema de contabilidad da mucha pereza, entonces es como que no está hecho para mí, como que es todo muy lioso. Son empresas que tienen un Excel o tienen documentación en papel, la opción de la digitalización, no llegan a ver las bondades (P3).

En cambio, la P4 defiende la misma postura de no apertura del sector a la tecnología, pero considera que el problema está en el mensaje:

Aquí es muy importante destacar que, en el agro, en todos los sectores, pero en el agro, la tecnología no vende. La palabra blockchain no vende, la IA no vende, es decir, lo que vende es su utilidad y cuando lo enfocas desde este punto de vista y cuando realmente lo ven una utilidad de verdad, sí que se muestran muy abiertos. Es una cuestión de mensaje. Si vas con un mensaje acorde a la tecnología, te vas a encontrar una puerta cerrada, no, cien mil, si vas con un mensaje acorde a sus beneficios y utilidades que puede ofrecer, todo el mundo quiere ser más eficiente (P4).

Por último, la perspectiva de P5 y P6 es algo diferente puesto que ellos perciben un sector agrícola abierto a la digitalización debido a los numerosos encuentros profesionales a los que acuden para difundir sus bondades:

Fuimos a Bilbao, al Food for future, y ahora de Málaga nos han llamado para ir a otra de Agroalimentaria que es el Smart in food en septiembre. En septiembre, que está toda pensada para nuevas tecnologías, para sector agroalimentario. Ayer o antes de ayer estuve en Orihuela, en Agricultura 4.0. Un encuentro que se hace porque las empresas agroalimentarias están deseosas de introducir la tecnología en sus procesos.

Y ya no solo la tecnología blockchain y nuevas tecnologías que están por venir, que son fascinantes. Ahí vimos cómo sobre una carne de calidad hay un adhesivo que va cambiando el color y te va indicando el grado de calidad (P5 y P6).

SEGUNDO. Hoy en día hay más expectativa que realidad.

“La mayoría de las partes interesadas no están preparadas para un cambio de paradigma hacia una cadena alimentaria preparada para *blockchain*, principalmente debido a la escasa concienciación y conocimiento sobre la tecnología y sus implicaciones económicas” (Stranieri et al., 2021, p. 2).

Las P1, P2 y P3 sostienen la teoría (cada uno en un grado diferente) sobre la preparación y conocimiento de las diferentes partes de la industria hacia una tecnología disruptiva y que, aunque sus inicios son en 2008, el conocimiento sobre ella y sus posibilidades todavía es limitado. Ya sea por todo lo que se habla alrededor de ella o porque realmente sí que le ven una utilidad, las empresas más abiertas a nuevas formas de hacer las cosas sí que tienen un interés real.

El más vehemente es el P2: “Creo que hay mucho *hype*²³, hay mucho humo y se han hecho muchos proyectos que no se tenían que haber hecho. (...) Porque cuando tú hablas de “desintermediar” y cuidar esas partes, hay muchos puntos de falla y se está demostrando en otros proyectos, y de hecho el proyecto más grande a nivel mundial, que no sé si lo conoces que es el de Walmart de Food Track, se está cayendo, o sea que vamos. (...) Claro, por eso te digo que pese la atracción que está teniendo, en cuanto a rentabilidad no están funcionando bien. Te lo digo porque nosotros somos *partners* de IBM, yo he conocido ese proyecto desde 2017, más o menos, que no es oro todo lo que reluce. Yo veo ahí muchas cosas que se están diciendo que no tienen tanto sentido”.

La P1 confirma el bajo nivel de conocimiento existente actualmente, pero se incrementa el interés por aplicar la tecnología a nivel industrial: “Es un campo por explorar y las empresas tienen unos conocimientos bajos pero cada vez crece el interés más rápidamente y se despierta, pero la penetración es baja”.

TERCERO. La aplicación predominante es la trazabilidad.

La TB promete inmutabilidad, transparencia y seguridad postulándose como una solución prometedora para los problemas de confianza y trazabilidad (Madhani, 2021, p. 11). Es por eso que no es de extrañar que de las empresas de las personas entrevistadas en este TFG sólo una de ellas no centraba su actividad principal en *blockchain* mediante una solución de trazabilidad.

P5 y P6 describen así su solución de trazabilidad para Patatas LZR: “certificamos a través de *blockchain* todo su proceso para un saco de patatas que pertenece a un lote. Desde el día que lo siembras, lo recoges, lo transportas, lo almacena, lo envasa y lo llevas a tu cliente.” Y algunas soluciones derivadas de la original: “le hemos presentado dos o tres alternativas a las cuales puede llegar a contratar, empezando por una patata gourmet certificada, la patata ecológica, por ejemplo, también la comida orgánica, y la típica App que tú irás al lineal y directamente allí podrás verificar que la patata tiene unas condiciones, unas cualidades completamente distintas a la de la competencia”.

P3 ha desarrollado un software para trazar el ciclo de vida de la madera a modo de pasaporte digital que además les sirve de gestor documental para la certificación de

²³ Es la reducción coloquial de la palabra inglesa *hyperbole*. Hace referencia a un exceso de expectativas generadas sobre algo de manera artificial.

sus procesos: “se trata de un sector muy regulado. Las empresas tienen desde toda la cadena de suministro, desde el gestor forestal hasta el fabricante son sometidos a inspecciones, auditorías en el caso de trabajar con madera certificada para verificar sobre todo la legalidad de la madera. Con esta plataforma, accediendo desde la nube, que se nos hace muy intuitiva, ayudamos a las empresas a hacer frente a estos requerimientos de cumplimiento normativo y por otro lado se ha añadido funcionalidad para que puedan gestionar las empresas”.

La P1, de hecho, su empresa se llama Trazable, muestra claramente su vocación de convertirse en “el software de gestión de calidad de referencia de la industria alimentaria. (...) Ayudamos a las empresas de la industria alimentaria a digitalizar su departamento de calidad, y a llevar todas las tareas del día en una herramienta digital que les ahorra tiempos y les optimiza procesos. Una de las líneas aparte del software es la línea de transparencia, donde ayudamos a conectarse con otras empresas de la cadena de suministro, para ofrecer información de trazabilidad del ciclo de vida de un producto hasta el punto de venta. Esa información, lo que hacemos por detrás es certificarla mediante tecnología blockchain para conseguir hacer que la tecnología sea ese notario o auditor digital que garantice o por lo menos certifique que esa información se sube en ese momento o que se subió por una persona o cosa concreta, y que el consumidor final pueda fiarse de esos datos.”

La P4, en cambio, ha empleado la TB hacia otro servicio que tiene gran potencial en el sector de la agricultura y que han denominado “agricultura inteligente” mediante un “software de recomendación de riego”. Mediante TB recomiendan cuándo regar, dónde regar y cuánto se debe regar. Además, permite realizar una planificación predictiva conociendo de cuánta agua dispondrá el agricultor en esta temporada y por último, permite monitorear en tiempo real el estado de los cultivos y sus variables agroclimáticas. La P4 afirma que la trazabilidad “sin duda, digamos que esta parte yo diría que está más desarrollada”.

CUARTA. La aplicación con mayor potencial para la agricultura: la “tokenización”.

En el Capítulo anterior se ha realizado una aproximación al concepto *token* y el modelo de “tokenización” de activos. Tal y como exponen Garc y Andrade (2022, p.17)

estos tokens se generan mediante un *Security Token Offering* (STO) proporcionando la posibilidad de fraccionar un activo (campos, cosechas, variedad agrícola, etc.) generando oportunidades de inversión nuevas y fuera del modelo tradicional de inversión. Con ello se potencia el alcance a más inversores y se reduce el número de intermediarios.

Este valor de la “tokenización” es el que destacan P4 y P1 como un gran aporte de valor de la TB al sector de la agricultura:

“... y sin duda toda la parte de intercambio de valor. Utilización de los recursos agrícolas como intercambio de valor. Y te pongo como ejemplo Agrotoken. No sé si te sonará, pero Agrotoken que lo que ha hecho es “tokenizar” diferentes recursos: soja, maíz... Que al final lo que les permite a los agricultores es poder hacer un intercambio de valor con lo que ellos mismos producen.” (P4).

La P1 lo proyecta de la siguiente manera: “...de alguna manera, se podría *tokenizar* terrenos para que la inversión inicial estuviera repartida entre personas que no tiene ni siquiera que residir en el mismo país, entonces existe un margen más grande y esa inversión luego se reparte en partes proporcionales a esa gente que te ha financiado o incluso *tokenizar* la producción para hacer ventas de futuro de un producto que ayuda a capitalizar para hacer esa producción y que luego esa gente no tiene que esperar para adquirirlo sino que sería revender en un mercado alternativo esos *tokens* a otras personas que se pueden revalorizar o no en función de la producción. En el caso del vino otros años ha habido sequías o heladas y va a ser una producción más escasa o más especial y lo que hacen las bodegas es antes de gastarte dinero y empezar a producir, se han capitalizado a modo *crowdfunding*²⁴ por personas que han pre comprado el producto y esto es un proceso sencillo gracias a las ventajas de *blockchain*.

Por su parte las P5 y P6 ven la “tokenización” como un valor, pero orientado hacia un modelo de comercio electrónico exclusivo y dotando al *token* de ventajas únicas más que buscando una rentabilidad económica directa: “Y hay otra más que es el tema de la membresía o el mercado digital vivo. Hay ciertos productos más allá del gourmet que tú puedes certificar y entonces a la compra por parte de tus clientes le acompaña un certificado de compra de ese producto tan especial. (...) Para entrar en mercados digitales

²⁴ Traducido como micromecenazgo, consiste en un mecanismo de financiación de proyectos o empresas, habitualmente mediante pequeñas aportaciones, realizadas por centenares o miles de desconocidos a través de internet.

exclusivos. Solamente, clientes que tengan la propiedad de ese *token* podrán entrar a comprar productos de ese estilo de nivel y es un mercado completamente cerrado”.

QUINTA. El futuro de la TB es impredecible.

En general, las personas entrevistadas no se han decidido por una línea clara de desarrollo tanto tecnológico como de aplicación de la TB. Sus respuestas han ido orientadas a los últimos usos de la TB y al sentido común de cómo es la evolución de cualquier tecnología.

La P3, por ejemplo, habla de metaversos, de los *NFT*²⁵, de los *smart contract* y la certificación de títulos educativos descentralizados, pero termina con “No sé hacia dónde se va a dirigir, pero están saliendo más cosas. (...) Y ahí está el reto, está de moda, es tendencia hasta que se apague, pero quedará lo que tenga sentido”.

La P1 hace una analogía con el nacimiento y evolución de internet que muy pocos podrían predecir y como afirmaba la P3, aboga por el valor real y el sentido común para el afianzamiento de la tecnología en la sociedad: “Es una pregunta complicada, no lo sé. Yo te puedo hacer el símil de casos que han pasado cuando entró internet, en su momento todo el mundo se equivocaría. Yo creo que es más bonito vivir ese camino hacia algo que es seguro. Lo que es seguro es que se consolidará en aquellos sectores de negocio donde aporte valor real y se sentará en otros como respuesta de perogrullo, porque creo que es sentido común”.

Por su parte, la P4 tampoco dibuja un futuro concreto, pero sí que afirma que girará en torno a uno de sus valores fundamentales: la confianza. “Claramente sí. Y te digo porque yo, tal y como lo veo, no soy un experto en *blockchain* ni nada de eso. Pero la *blockchain* satisface una debilidad humana, que es la confianza. No confiamos en nosotros mismos ni en las cosas que nos rodean. Entonces por eso existen esos sistemas centralizados. Confiamos en entidades, pero bueno, podemos ver que más o menos son justos. (...) Entonces todo lo que pueda ser sustituible por la *blockchain* y que satisfaga esa demanda de confianza. Por eso web3²⁶, todo este tipo de cosas, en base a la confianza

²⁵ Siglas en inglés de *Non Fungible Token* (Token no fungible) es un activo digital único, indivisible, transferible, limitado y encriptado. Al contrario que sucede con las criptomonedas, no hay dos NFT que sean equivalentes.

²⁶ Nombre que se le ha dado a la idea de un internet descentralizado, propiedad de desarrolladores y usuarios mediante la coordinación de *tokens* generados mediante blockchain.

puede monetizar un servicio web de publicidad porque todos confiamos en que el reparto va a ser justo. Entonces sí, para mí se basa en eso y todo lo que pueda resolver eso mismo lo podrá resolver la blockchain”.

Esta línea central de la confianza como valor clave en el desarrollo futuro de TB es la que sostienen también las P5 y P6:

- “Lo que lleva a medio plazo va a ser una demanda por parte de todos los sectores, porque los gobiernos de todo el mundo están exigiendo que se trabaje de esta forma.
- Por la confianza.
- Por la confianza, y por la eliminación de intermediarios y la automatización de los procesos de la toma de decisión, que es para mí lo más importante, el poder automatizar procesos de gestión. (...) Yo lo veo mucho más allá de la interconexión de los ecosistemas de empresas. Nosotros estamos trabajando en un proyecto en ese sentido y yo la veo algo que nos lo va a ofrecer *blockchain*, porque es muy sencillo que yo mi información, la cuelgue en *blockchain*, todo mi sistema a mi alrededor haga lo mismo de la suya propia de una forma muy fácil y tengamos toda esa información integrada que nos sirve a todos para las tomas de decisión. Y no hay que hacer grandes inversiones en infraestructuras ni en comunicación entre sistemas. Eso para mí es un valor muy grande. ¿A dónde llega eso? No sólo dentro de las empresas sino a la sociedad. Yo, soy de los que piensan que en diez años o quince la empresa, los ciudadanos, estaremos totalmente interconectados entre nosotros, las estructuras y los gobiernos. Yo quiero pensar así. Yo soy optimista.

Esta misma confianza y la seguridad de la información que aporta es la que permite al P2 pensar que la “*blockchain* tiene sentido, sobre todo en entornos completamente digitalizados. Cuando el proceso está completamente automatizado, pero no cuando hay tanta interacción humana, entonces yo tengo que escribir un dato más”. Y ser la persona entrevistada que más se aproxima a definir un futuro de la TB: “creo que *blockchain* va a caer, al final será una capa de seguridad cuando haya que intermediar, que será una capa que no veamos, que aquí la gente está hablando mucho de que es, no de lo que resuelve. Entonces ¿qué hace la tecnología? No, que creo que es eso lo que hay

que preguntar. Pienso que sí, que se va a utilizar como una capa más, pero no, no va a ser algo que tenga un valor tan extremo, como se está diciendo ahora. Al final tenemos que pensar la solución integral y si *blockchain* aplica una capa se incluirá, pero no va a ser un proyecto *blockchain* per sé, tiene que estar muy justificado”.

7. LIMITACIONES

Para el desarrollo del presente TFG se ha contado con limitaciones que han afectado en mayor o menor medida a la interpretación de los resultados expuestos. Concretamente, las limitaciones han sido:

1. **Las bases de datos consultadas y las referencias bibliográficas iniciales seleccionadas.** Se ha consultado las bases de datos ProQuest que es una base de datos multidisciplinaria y con gran catálogo, pero no se han utilizado otras bases de datos bibliográficas como Web of Science o SciELO en las que se podrían haber obtenido otros artículos que enriquecieran el presente TFG.
2. **La muestra seleccionada de profesionales.** El tamaño de la muestra ha sido reducido (n=6). Se contactó con más empresas de las finalmente consultadas, pero o bien se negaron a participar o, sencillamente, nunca respondieron a la invitación. Una muestra tan pequeña ha podido limitar encontrar más información reseñable sobre la aplicación de la TB en el sector agrícola.
3. El **cuestionario empleado** también ha sido **reducido**, limitando la conversación espontánea de las personas entrevistadas y que surgieran temas o enfoques no previstos inicialmente. Esa limitación también venía marcada por el tiempo máximo que se quería emplear durante la discusión. Fue planteada de modo que no supusiera una barrera de acceso el tiempo dedicado a la entrevista y por eso se planificó un tiempo medio de diez o quince minutos.
4. Una limitación de la que se tuvo consciencia durante el desarrollo del presente TFG, fue que durante la redacción y a medida que se avanzaba por los diferentes temas centrales del mismo, **surgieron nuevas preguntas** que no se incluyeron en la encuesta para que todas las personas entrevistadas participaran en las mismas condiciones.
5. El **limitado conocimiento de la tecnología *blockchain*** en origen, también fue limitante en el momento de plantear la estructura del presente TFG y a la hora de analizar y seleccionar del mejor modo los primeros artículos científicos seleccionados.

8. CONCLUSIONES

Durante los últimos años, la TB ha generado mucha expectación debido a las potenciales posibilidades disruptivas y transformadoras que ofrece. Esta transformación, como casi toda tecnología, es transversal a sectores y campos de estudio donde, como es lógico, los profesionales de las ciencias de la información no debemos mantenernos ajenos. Tal y como sostiene García-Morales (2018, p. 350) “desde un punto de vista documental, al igual que ocurrió con la aparición de los documentos electrónicos, las tecnologías DLT como sistemas *recordkeeping*, generan nuevas incertidumbres sobre la fiabilidad de los documentos y registros, sobre sus implicaciones en los sistemas de archivado electrónico y sobre aspectos como la contextualización y preservación a largo plazo”.

Esta afirmación de García-Morales mostrando la importancia de un profesional de la Información y Documentación que comprenda perfectamente la importancia de los documentos, su gestión y preservación, así como la aplicación de la TB en uno de los sectores que ha sido la base económica nacional e internacional, el sector agrícola, han sido los dos ejes sobre los cuales se han realizado el presente TFG. Tras el análisis teórico de la bibliografía seleccionada y la que la propia investigación ha aportado, así como el análisis cualitativo de las entrevistas, podemos extraer las siguientes conclusiones:

La TB va a tener (y está teniendo) un impacto en las características esenciales de los documentos tal y como son concebidos tradicionalmente, incluso los documentos electrónicos, y plantea una serie de reflexiones que ofrecen futuras líneas de investigación en este campo para los profesionales de la información. Como se ha podido observar en las entrevistas, la confianza es el valor predominante y que destacan de la TB. Es por ello, de capital importancia, que esta nueva forma de documentos que genera la *blockchain* necesitan ser a su vez documentos veraces tal y como la doctrina archivística ha estado promulgando desde el siglo XVII.

Tras la investigación y exposición de diferentes puntos de vista y definiciones sobre la tecnología, podemos definir la *blockchain*, como una base de datos distribuida entre diferentes nodos en forma de bloques cifrados que registra todas las transacciones realizadas y validades mediante el consenso de la mayoría de nodos. Una vez introducida,

la información no puede ser borrada permitiendo tener un registro cierto y verificable de cada una de las transacciones.

Como se ha podido estudiar, algunas empresas del sector agrícola han puesto en marcha proyectos piloto en los que empleaban TB para gestionar su cadena de suministro, pero en cambio, no se ha comunicado oficialmente información detallada sobre los resultados obtenidos mediante la aplicación de estas nuevas metodologías de trabajo. Esta poca transparencia abre brechas en la confianza de una aplicación real de la TB como ha sucedido con el caso expuesto de Walmart en los mercados asiáticos y estadounidense y la opinión que tiene la P2 sobre ese caso concreto.

Lo que no ofrece ningún atisbo de duda es que la TB brinda a la agricultura una herramienta que habilita:

- Ahorro de tiempo: acortando el tiempo de las transacciones de días a segundos o acortando el tiempo de búsqueda y localización de algún proceso dentro de la cadena de suministro que pueda ser peligroso.
- Ahorro de costes: simplemente eliminando intermediarios, que a día de hoy, encaren el proceso de producción y servicio o como en el caso de la empresa Agrow Analytics, optimizando los procesos de riego de los campos.
- Reducción de riesgos: reduce los riesgos de fraude y certifica los procesos realizados.
- Aumento de la confianza: la TB permite compartir la información y los procesos realizados, pudiendo generar un conocimiento compartido entre los diferentes actores de la misma *blockchain*.

Otro aspecto que ha quedado patente tras la realización de las diferentes entrevistas, es el bajo conocimiento de la TB por parte del sector, así como que la gran mayoría de empresas y aplicaciones actuales de la TB están orientadas a la trazabilidad. Las personas entrevistadas están abriendo un camino en las empresas agrícolas hacia una nueva manera de hacer las cosas y gestionar sus procesos. Para conseguirlo, no venden tecnología, venden soluciones y por ello orientan su discurso a mejorar la visibilidad y la confianza en la cadena de suministro gracias a la trazabilidad, y este es el camino más

sencillo que han encontrado para comenzar la implementación de esta tecnología en la industria agroalimentaria.

Las entrevistas también han dejado claro que hablar de *blockchain* a día de hoy, es como hablar de internet en los años 80 y por eso es complicado vaticinar un futuro, pero será el conocimiento progresivo de la tecnología por la propia industria y su aplicación, el que vaya marcando el nuevo rumbo y este irá acorde a las nuevas necesidades de la sociedad y del sector agrícola.

Fruto de esto, una futura línea de trabajo también podría centrarse en la investigación de aplicaciones reales, aunque sean de uso privado que permitiera comprender exactamente como podría emplearse esa tecnología para toda una industria más allá, de las grandes corporaciones que pueden invertir en investigación. Existe muy poca investigación práctica y casi toda la literatura científica encontrada son modelos teóricos o teórico-prácticos. De este modo, abriendo la investigación y el conocimiento a todos los actores del sector posibilitaría, seguramente, generar nuevas implementaciones.

Otra línea de trabajo futura que considero interesante a desarrollar es una visión más profunda por parte del profesional de la información a la evolución de la *blockchain* y al tratamiento de nuevos formatos documentales como son, por ejemplo, los NFT, así como la gestión documental de los *smart contract* y cómo plantean un potencial futuro descentralizado donde se promueve la ausencia de una figura central como el notario.

Por todo ello, me atrevo a afirmar que estamos en el génesis de una nueva manera de entender la comunicación, la información y la documentación; y que los documentalistas podemos ser actores principales del nuevo cambio gracias a la base científica que nos han aportado disciplinas como la paleografía, la diplomática o la archivística y de las que otras disciplinas carecen.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (s.f.). *Alertas alimentarias de interés general*. AESAN. Recuperado el 3 de junio de 2022. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subseccion/otras_alertas_alimentarias.htm
- Angelis, J. y Ribeiro da Silva, E. (2019). Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons*, 62(3), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.12.001>
- Carrillo Riofrío, F. M., Segovia Cáceres, S. M., y Jijon Paredes, E. M. (2021). La Innovación en la Agricultura Digital. *Dominio de Las Ciencias*, 7(3), 1652–1658. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8383883.pdf>
- Chase, B., y MacBrough, E. (2018). *Analysis of the XRP Ledger Consensus Protocol*. <http://arxiv.org/abs/1802.07242>
- Chen, W., Botchie, D., Braganza, A., y Han, H. (2022). A transaction cost perspective on blockchain governance in global value chains. *Strategic Change*, 31(1), 75–87. <https://doi.org/10.1002/jsc.2487>
- de Moura, C. J. R. (2011). La gran recesión. Orígenes y desarrollo. *Phys. Rev. E*, 3(10), 53. [https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3707523#:~:text=Texto%20completo%20\(pdf\)](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3707523#:~:text=Texto%20completo%20(pdf))
- Dos Santos, R. B., Torrisi, N. M., y Pantoni, R. P. (2021). Third party certification of agri-food supply chain using smart contracts and blockchain tokens. *Sensors*, 21(16), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s21165307>
- Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., y Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142(septiembre), 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- Fuster Ruiz, F. (2001). Archivística, archivo, documento de archivo... *Anales de Documentación: Revista de Biblioteconomía y Documentación*, 2, 1–21.

<https://revistas.um.es/analesdoc/article/download/2631/2611/12591>

Galvez, J. F., Mejuto, J. C., y Simal-Gandara, J. (2018). Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 107, 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.011>

Garc, P. A., y Andrade, M. E. (2022). *Análisis de la tokenización y la titularización tradicional de activos agrícolas , como alternativas de financiación aplicado al cultivo de aguacate Hass* [Tesis de Maestría, Universidad EAFIT]. <http://hdl.handle.net/10784/31107>

García-Morales, E. (2018). Luces y sombras sobre el impacto del blockchain en la gestión de documentos. *Anuario ThinkEPI*, 12, 345. <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2018.58>

Gurtu, A., y Johny, J. (2019). Potential of blockchain technology in supply chain management: a literature review. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 49(9), 881–900. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2018-0371>

Hastig, G. M., y Sodhi, M. M. S. (2020). Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. *Production and Operations Management*, 29(4), 935–954. <https://doi.org/10.1111/poms.13147>

Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Misra, S. K., Rana, N. P., Raghavan, V., y Akella, V. (2019). Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. *International Journal of Information Management*, 49(febrero), 114–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.02.005>

Hyperledger Foundation. (s.f.). *Case Study: How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric*. Hyperledger Foundation. Recuperado el 5 de junio de 2022. <https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study>

IBM. (s.f.). *¿Qué es Hyperledger Fabric?*. Recuperado el 5 de junio de 2022. <https://www.ibm.com/es-es/topics/hyperledger>

- IBM. (s.f.). *¿Qué es la tecnología blockchain?*. Recuperado el 8 de junio de 2022. shorturl.at/motG9
- Johnston, D., Yilmaz, S. O., Kandah, J., Hashemi, F., Gross, R., y Wilkinson, S. (30 de mayo de 2022). *The General Theory of Decentralized Applications*. GitHub. <https://github.com/DavidJohnstonCEO/DecentralizedApplications>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., y Sharma, R. (2020). Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *International Journal of Information Management*, 52(junio de 2020), 101967. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023>
- Kroes, N. (18 de marzo de 2013). *Speech: Opening up Scientific Data*. Research Data Alliance. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_13_236
- Lamport, L., Shostak, R., y Pease, M. (1982). The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS)*, 4(3), 382–401. <https://doi.org/10.1145/357172.357176>
- Lemieux, V. (2017). *Blockchain and Distributed Ledgers as Trusted Recordkeeping Systems: An Archival Theoretic Evaluation Framework* [Conferencia]. Future Technologies Conference 2017 (FTC). Vancouver, BC, Canada. <https://goo.gl/2QcBjW>
- Lin, W., Huang, X., Fang, H., Wang, V., Hua, Y., Wang, J., Yin, H., Yi, D., y Yau, L. (2020). Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications. *IEEE Access*, 8, 143920–143937. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014522>
- Mabillon, J. (1681). *De re diplomatica libri vi: in quibus quidquid ad veterum instrumentorum antiquitatem, materiam, scripturam, & stilum, quidquid ad sigilla, monogrammata, subscriptiones, ac notas chronologicas, quidquid inde ad antiquariam, historicam, forensemque discipl.* Luteciae Parisiorum, sumtibus Ludovici Billaine.
- Madhani, P. M. (2021). Supply Chain Transformation with Blockchain Deployment: Enhancing Efficiency and Effectiveness. *IUP Journal of Supply Chain Management*,

- 18(4), 7–32. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/supply-chain-transformation-with-blockchain/docview/2633005413/se-2?accountid=14777>
- Márquez Solís, S. (2016). *Bitcoin. Guía completa de la moneda del futuro*. Ra-Ma.
- May, T. C. (1988). *Manifiesto Criptoanarquista*.
- Mitre-Abuhayar, C., Alonso-Allende, J., Escauriaza, M., Gonzalo, J., Márquez, R., y Moreno, F. J. (2018). Descifrando la blockchain. *Servicio de Publicaciones de La Universidad de Navarra*, 1–6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7020036&orden=0&info=link>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Hambre y seguridad alimentaria - Desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Nakamoto, S. (2009). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (10 de junio de 2022). *Proteger el derecho a la infancia*. <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1140049/>
- Organización Internacional de Normalización. (2005). *Información y Documentación. Gestión de Documentos* (ISO 15489-1). https://www.uma.es/media/tinyimages/file/ISO_15489.1.pdf
- Pacheco Jiménez, M.N. (2019). De la tecnología blockchain a la economía del token. *Derecho PUCP*, (83), 61–87. <http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201902.003>
- Queiroz, M. M., y Fosso Wamba, S. (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. *International Journal of Information Management*, 46(junio de 2019), 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.021>
- Reglamento (CE) 178/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo [con fuerza de ley]. Por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. 28 de enero de 2002. <https://eur-lex.europa.eu/legal->

content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=EN

Stranieri, S., Riccardi, F., Meuwissen, M. P. M., y Soregaroli, C. (2021). Exploring the impact of blockchain on the performance of agri-food supply chains. *Food Control*, 119(enero de 2021), 107495. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107495>

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprints for a new economy*. O'Reilly.

Walmart. (21 de abril de 2022). *Walmart Releases 2022 Annual Report and Proxy Statement*. <https://corporate.walmart.com/newsroom/2022/04/21/walmart-releases-2022-annual-report-and-proxy-statement>

Zarrin, J., Wen Phang, H., Babu Saheer, L., y Zarrin, B. (2021). Blockchain for decentralization of internet: prospects, trends, and challenges. *Cluster Computing*, 24, 2841–2866. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03301-8>

Zhang, Z., Zhu, D., y Fan, W. (29 de diciembre de 2020). *QPBF: Practical byzantine fault tolerance consensus algorithm based on quantified-role* [Conferencia]. 2020 IEEE 19th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), Guangzhou, China. <https://doi.org/10.1109/TrustCom50675.2020.00132>

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., y Wang, H. (Del 25 al 30 de junio de 2017). *An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends* [Conferencia]. 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress, Honolulu, HI, Estados Unidos de América. <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>

10. ANEXOS

10.1. ANEXO I: ENTREVISTA A TRAZABLE (P1)

Puedes por favor describir vuestra empresa, Trazable, objetivos, empleados que tenéis ahora mismo y principales líneas de negocio.

Vale, pues Trazable es una empresa tecnológica. Es un SaaS²⁷, un software *agile service* y nuestra propuesta de valor es convertirnos en el software de gestión de calidad de referencia de la industria alimentaria. Entonces, ayudamos a las empresas de la industria alimentaria a digitalizar su departamento de calidad, y a llevar todas las tareas del día en una herramienta digital que les ahorra tiempos y les optimiza procesos. Una de las líneas aparte del software es la línea de transparencia, donde ayudamos a conectarse con otras empresas de la cadena de suministro, para ofrecer al consumidor final información de trazabilidad del ciclo de vida de un producto desde el campo hasta el punto de venta. Esa información, lo que hacemos por detrás es certificarla mediante tecnología *blockchain* para conseguir hacer que la tecnología sea como ese notario o auditor digital que garantice o por lo menos certifique que esa información se subió en ese momento o que se subió por una persona o empresa concreta, y que el consumidor final pueda fiarse de esos datos.

¿Me podrías decir aplicaciones actuales que conozcas de *blockchain* dentro del sector de la agricultura?

Pues... ¿De la agricultura específicamente o de la alimentación en general?

Agroalimentaria, no tiene por qué ser de agricultura específicamente, con alimentación es perfecto.

Vale, pues está IBM Food Trust, digamos que sería un enfoque para grandes empresas, por ejemplo, ellos son los que dan servicio a Carrefour en todos los alimentos que tienen certificación, que al final se traduce en un código *QR* que por sus necesidades escanea y puedes obtener la historia del producto.

²⁷ Siglas en inglés de software como servicio. Software instalado en servidores (su acceso es a través de internet) y su modelo de negocio es mediante suscripción por un periodo de tiempo limitado.

A nivel global, también está es Connecting Food, la *blockchain* también ayuda a los agricultores a ser más transparentes o a compartir la información del producto. Y hay empresas similares, de otros tamaños, en todo el mundo. Hay otra empresa que aparte de la parte de software tiene también etiquetas con la parte de trazabilidad. Esos casos de uso conozco.

¿Cómo valorarías el grado de apertura del sector agroalimentario tanto a esta tecnología la *blockchain* como a nuevas tecnologías que se van incorporando? Inteligencia artificial y demás. ¿Cuál es tu valoración?

Pues te diría que en general, la adopción de *blockchain* fuera del mundo cripto, ya sea financiera, es baja, se trata de un mercado incipiente, en el que puede cuadrar para las empresas que dan solución, pero también hay poca diferenciación porque es un poco es difícil comparar. Es un campo por explorar y las empresas tienen unos conocimientos bajos pero cada vez crece el interés más rápidamente y se despierta, pero la penetración es baja. En el sector agroalimentario particularmente, pues, es más baja que en otros sectores, esto es una falta de digitalización que tiene el sector, pero se compensa por la propuesta de valor que se ofrece. Por ejemplo, en prendas de ropa puedes conseguir que la gente que tiene la predisposición a comprar productos sostenibles o éticos te compre más, pero en alimentación sino tienes un *QR* con la trazabilidad es difícil, a parte que puedes vender más y tener productos más asequibles, independientemente de eso la penetración es baja. Porque estamos hablando de una tecnología que es incipiente, de sectores tradicionales donde pues al final las mejoras y las nuevas tecnologías, vienen porque ya están consolidadas esas tecnologías y el ROI es muy claro en el impacto de negocio, porque tienes la incursión del cliente o de la administración. Esto todavía no está siendo así, pero cada vez más clientes lo valoran más.

¿Has terminado? Es que no sé si te he perdido o habías terminado.

He terminado.

Ahora, de manera general, y por la experiencia que estás teniendo en tu día a día en la empresa. Podías decirme potenciales usos de *blockchain* en agricultura que hoy nos estén dando o potencialidades que tú veas dentro del sector.

Pues mira, al final la tecnología moderna yo lo que veo es que puede ayudar quitando la definición de fianza, porque vamos a centrarnos en sector alimentario y trazabilidad, nos puede ayudar en tres ámbitos:

(1) En crear entornos *trustless*, es decir, donde no se necesite una confianza, un actor para generar un caso de uso de negocio. (2) Puede ayudar a certificar digitalmente información, sin que necesites un auditor o una tercera persona que va a ser más ineficiente, y (3) puede ayudar en el eje financiero a nuevas formas de financiar proyectos. Desde mi punto de vista que luego me puedo equivocar o no, que yo no tengo la verdad absoluta. Ejemplos de cada eje, en la parte de creadores entornos *trustless* al final hablamos de casos de uso como el de Trazable, donde permitimos que las empresas colaboren e intercambien información y no se generen silos de datos en la cadena de suministro, sino que está interconectada. Esto hace que se pueden crear casos de uso donde esa información se utilice para, como en nuestro caso, sea lo más transparente con el cliente o ser accesible con el inventario cuando hay que hacer una retirada de alimentos.

Casos de uso de certificación de información, quitando que también puedes certificar la información en la trazabilidad, pero, por ejemplo, con el grado de sensores que ya se utilizan en alimentación, se puede hacer que esa información de sensores en vez ir a fuentes de datos de las empresas, vayan a una *blockchain*, donde esa información ya está imputada y puede ser como digamos, el desencadenante de cualquier otro caso de negocio. Por ejemplo, yo tengo un sensor de lluvia, entonces es información después de ir al servidor o antes, pues se certifica en *blockchain* esa información, o sea que por cadena se puede ver o mediante un contador inteligente o de lógica de negocio, por ejemplo, en una aseguradora, que directamente sin intervención cuando un sensor recoge una la cantidad de lluvia “equis” el seguro que yo tengo contratado me paga y todo eso se hace de manera automática con flujos cien por cien digital, así que no tiene que intervenir ninguna persona y que está todo certificado, la parte tecnológica. Y luego la parte financiera, pues hasta ahora digamos, tiene un problema en la agricultura donde los agricultores que no son capaces de explotar suficientemente sus terrenos y terminan abandonando. Está creciendo mucho la agricultura ecológica, eso sí que es verdad, pero faltan fuentes para certificar esos terrenos. Ahora las opciones que hay son los métodos tradicionales, vas al banco o tienes capital privado de inversores. De alguna manera, se podría *tokenizar* terrenos para que la inversión inicial estuviera repartida entre personas que no tiene porqué ni siquiera que residir en el mismo país, entonces existe un margen

más grande y esa inversión luego se reparte en partes proporcionales a esa gente que te ha financiado o incluso *tokenizar* la producción para hacer ventas de futuro de un producto que te ayuda a capitalizar para hacer esa producción y que luego esa gente no tiene que esperar para adquirirlo sino que sería revender en un mercado alternativo esos *tokens* a otras personas, que se pueden revalorizar o no en función de la producción como en el caso del vino, otros años ha habido sequias o ha habido heladas y va a ser una producción más escasa o más especial, y tú lo que has hecho como bodega es que antes de gastarte dinero y empezar a producir, se han capitalizado a modo *crowdfunding*²⁸ por personas que han pre-comprado el producto y esto que es un proceso sencillo gracias a las ventajas de *blockchain*.

¿Cuál crees que es el futuro de la blockchain? Por ejemplo, en el trabajo, en la parte teórica, estoy hablando de un blockchain 4.0 con una siguiente etapa tras el blockchain de las DApps, con inteligencia artificial. Hacia dónde ves que va a evolucionar esta tecnología.

Pues, a ver, es una pregunta complicada, no lo sé. Yo te puedo hacer el símil de casos que han pasado cuando entró internet, en su momento todo el mundo se equivocaría. Yo creo que es más bonito vivir ese camino. Al final lo que es seguro es que se consolidará en aquellos sectores de negocio donde aporte valor real y se sentará en otros como respuesta de perogrullo, porque creo que es sentido común.

¿Dónde creo yo que tiene sentido?, pues en usos financieros, donde sea más eficiente no tener esas entidades centrales que te certifican, o sea, digamos que garantiza el proceso. Y como estamos hablando, antes, donde tenga sentido que hagas entornos *trustless* para que las personas o empresas intercambien información, o valor, o activos porque también se pueden hablar de otros tipos de uso. Pues a partir de ahí, sí aporta más valor a eso que tener una base de datos tradicional, pues se usará la tecnología y estoy seguro de que en el camino esa tecnología evolucionará o se conectará con otras, como lo que dices de IoT²⁹ para aportar más valor, porque es como pasaba ahora en la realidad virtual.

²⁸ Traducido como micromecenazgo, consiste en un mecanismo de financiación de proyectos o empresas, habitualmente mediante pequeñas aportaciones, realizadas por centenares o miles de desconocidos a través de internet.

²⁹ Siglas en inglés de *Internet of Things* (Internet de las cosas) donde objetos con sensorización y capacidad de procesamiento se conectan e intercambian datos.

Voy a hablar sobre el metaverso, eso siempre ha existido, los Sims, había juegos en la infancia en los que estabas conectado y jugabas en realidad virtual, pero eso se viene a juntar con la parte de *blockchain* que le da esa parte de unicidad en los elementos o de que las cosas tienen un valor, son limitadas y que genera otra dimensión que te multiplica el valor, hace sinergia. Con la inteligencia artificial, con el IoT, con la computación cuántica, que vemos cómo interactúan esos dos mundos, que será muy simpático de ver porque los mecanismos de consenso y cifrado de la información y los *hash* van a tener que evolucionar, pues veremos cómo evoluciona. Yo no me mojaría o no pondría la mano en el fuego. Diría como una respuesta de perogrullo; va a estar ahí y se quedará en los casos que aporte valor. Pero lo que desde luego tengo ganas es de ver ese proceso y descubrir el camino, dónde se va consolidando la tecnología.

Genial, pues hasta aquí llega la entrevista. No me he llevado ni a 15 minutos. Muchísimas gracias.

10.2. ANEXO II: ENTREVISTA A EXPONENTIA (P2)

Hola P2, ¿me oyes?

Sí, te escucho, ¿me oyes bien?

Sí, te oigo perfecto.

Vale, pues vamos a comentar un poco. Hay partes de las que te voy a contestar un poco genérico. Si quieres detalle te puedo hablar de distintas cosas, pero vaya que no sé cómo profundizar, si no luego, cuando me cuentes un poco más te paso algunas líneas o lo que sea.

Vale, a priori no hay problema. Es lo que surja durante la conversación. Y es, como te he dicho, es una rápida entrevista y ya está, simplemente lo que surja, ¿vale? Si no te importa, lo grabo para luego poder transcribirlo de cara a fundamentarlo en el TFG. Pero bueno, de ahí no va a pasar. De una grabación privada.

Para ti, solo para un TFG, vale

Sí es para el TFG y sólo lo transcribiré. Y hasta ahí. Esto ni se va a publicar en ningún lado. Y sí, se publicara porque lo subo a algún repositorio o algo te pediría permiso. No va a más. Entonces bueno, primero darte las gracias. Como te he dicho, yo también tengo una empresa, me dedico a la innovación tecnológica.

Sí, he estado viendo tu empresa, le he echado un ojo.

Hacemos cositas y bueno, acabamos de hacer un metaverso y demás y estamos en proyectos metaversicos, pero nunca pude sacarme una carrera y es algo que intento corregir. Ahora ya con una cierta edad no soy muy mayor, pero bueno, el hecho de tener mi empresa me ha permitido empezar a estudiar y ahora terminar. Entonces te quiero dar las gracias y nada, Juan. Bueno, yo estuve el año pasado en un evento que hicisteis en el Ateneo. ¿Te suena?

Sí, sí.

Pues estuve por ahí y, además, creo que compartimos despacho abogados, porque allí vi a Ángel. Nos unen varias cosas, aparte de que también os dedicáis en otra

vertiente a la innovación, pero nada, simplemente las preguntas qué te ha pasado. Lo primero es si, me puedes describir un poco a qué os dediques en Exponentia, empleados y principales líneas de negocio para hacer un pequeño perfil de la empresa en el trabajo.

Sí, pues a ver, Exponentia es parte de un *holding* de empresas tecnológicas y Exponentia, que es donde además estamos más involucrados, es una empresa especializada en la parte de transformación digital para la automatización de procesos y dentro de eso tiene un componente muy fuerte en la parte de datos. Nuestra especialidad es la parte de inteligencia artificial para ayudar a las empresas y luego la parte de proyectos, más de innovación con *blockchain* como tú conoces. Pues al final somos ese *partner* tecnológico para desarrollar proyectos dentro de empresas que no tienen ese equipo tan especializado.

A nivel de equipo en Exponentia, ahora tenemos mucha gente y te diría que somos entre 23 y 25, solo en Exponentia, pero también lo que te decía, tenemos otras empresitas que hemos lanzado en alguna *join venture*. El equipo, digamos *core*, estamos aquí y bueno, estamos principalmente en Valencia, Madrid, pero también tenemos algún cliente en Suiza, y en el norte, también tenemos clientes en Galicia, pero somos empresa valenciana, que eso a mí me gusta mucho.

Sí, yo también soy *terreta power* (risas). En mi caso, por si me quieres conocer un poco más, yo bueno, en Quasar hacemos exactamente lo mismo, pero no nos centramos en el dato. Nos centramos normalmente en proyectos de desarrollo de *software* o temas más visuales como realidad virtual, como ya te he dicho en Metaversos o temas bastante más visuales y no estamos tanto en el dato.

Tenéis algún proyecto actualmente que esté relacionado con la agricultura, con alimentos, etcétera, en el que estéis aplicando tecnología blockchain o similar.

Tenemos una, pero es confidencial. Tenemos firmada una confidencialidad muy grande.

¿Puedes hablar de él sin dar ningún dato? Lo que te voy a preguntar es sobre todo cómo se aplica.

Sí, sí, sé que es genérico, pero no puedo, porque creo que te daría muchas pistas del sector. Pero si quieres te puedo hablar de otras cosas que hemos hecho. O sea, pero el que me viene ahora más grande, que es uno muy grande. No, no te lo puedo decir.

Vale, lo entiendo perfectamente. Si me puedes comentar, te puedo preguntar la siguiente que es el grado de apertura del sector o lo que tú has percibido con los agentes que hayas tocado el sector a esta tecnología y a nuevas tecnologías en general.

O sea, *blockchain*, justo creo que el grado de apertura es bajo. Creo que hay mucho *hype*, hay mucho humo y se han hecho muchos proyectos que no se tenían que haber hecho. Voy a ser un poco bruto aquí ¡eh!

No, no, sé todo lo bruto, esto está para ser bruto.

O sea, yo en general pienso que trazabilidad en cosas físicas no tiene sentido o no va a tener sentido a medio plazo. Siempre que haya interacción humana o se pueda pervertir ahí el sistema, puedes grabar datos en *blockchain*, que van a estar grabados en piedra pero que no te van a aplicar.

Blockchain tiene sentido, sobre todo en entornos completamente digitalizados. Cuando el proceso es completamente automatizado, pero no cuando hay tanta interacción humana. Entonces yo tengo que escribir un dato, puedo escribir un dato mal. Entonces creo que no es una inversión, salvo para la parte más de *marketplace* o protección de activos muy *core* en los que tengas que tener toda la secuencia, no va a tener tanto sentido. Porque cuando tú hablas de “desintermediar” y cuidar esas partes, hay muchos puntos de falla y se está demostrando en otros proyectos, y de hecho el proyecto más grande a nivel mundial, que no sé si lo conoces que es el de Walmart de Food Track, se está cayendo, o sea que vamos.

Sí, el proyecto de Walmart es como un referente a nivel a nivel teórico-práctico de *blockchain* aplicado en el sector.

Claro, claro, por eso te digo que pese la atracción que está teniendo, en cuanto a rentabilidad no están funcionando bien. Te lo digo porque nosotros somos *partners* de IBM, yo he conocido ese proyecto desde 2017, más o menos, que no es oro todo lo que reluce. Yo veo ahí muchas cosas que se están diciendo que no tienen tanto sentido.

¿Qué potenciales usos de la *blockchain* hay?

Sí, piensas en otro proyecto, ese no tiene *blockchain*.

¿No? ¿no tenía *blockchain*?

No, no, no, no, ese no tiene *blockchain*.

Ah bueno, hay una documentación que sí que tiene *blockchain* es el de The Motor Chain. Es de coches alemanes. Es un cliente suizo.

¿Y potenciales usos de *blockchain* que veas en agricultura? Acabas de trazar una línea muy interesante que muy poca gente habla de esto y del factor humano dentro de la parte del *blockchain*, que parece que todo está automatizado, pero que luego realmente necesitas que el agricultor lo haga bien. Si no, al final son datos, que no valen.

Por el tiempo, porque no, no les veo mucho sentido. Sinceramente yo lo que veo es que en entornos digitalizados en la parte de *marketplace*, en la parte de hacer una trazabilidad, si es interna si quieres, pero al final es que eso te lo permite. No te hace falta *blockchain* ahí. O sea, yo lo que veo principalmente está en la parte de *marketplace*.

Muy bien, por tanto, todo digital. Cuando hablas de entorno digital es en web básicamente (o software), pero nada físico.

Exacto. O vamos, que sea digital, en el momento en que hay físico hay más fallo.

Muy bien, ¿Y como ves la tecnología *blockchain* fuera ya del sector agrario o agrícola?, ¿cómo ves la tecnología *blockchain*? Si puedes contar ahora este proyecto del que estamos hablando, el del sector del automóvil o ¿hacia dónde crees que va a virar todo esto, que es el *hype* o si hay *hype* mismo más allá de las criptomonedas?, ¿crees que la gente está confundiendo conceptos o cómo lo ves tú que eres profesional del sector?

Creo que sí, que hay muchos *hype*, creo que la gente está confundiendo conceptos. Creo que va a haber más aplicación de lo que es la parte más que *blockchain*-cripto de soluciones que vengan por esa vertical. Pues creo que ha habido una salida como las curvas de innovación, que sube mucho y luego caen. Creo que *blockchain* va a caer, al final será una capa de seguridad cuando haya que intermediar, que será una capa que no veamos pero aquí la gente está hablando mucho de qué, qué y qué son, no de lo que resuelve. Entonces ¿qué hace la tecnología? No, ¿qué te resuelve? Creo que es eso lo que

hay que preguntar. Pienso que sí que se va a utilizar como una capa más, pero no, no va a ser algo que tenga un valor tan extremo, como se está diciendo ahora. Al final tenemos que pensar la solución integral y si *blockchain* aplica como parte de una capa se incluirá, pero no va a ser un proyecto *blockchain per sé*, tiene que estar muy justificado.

Hay pocas casuísticas en lo que se ve en mi opinión. Cuando se da sí que es una orden de magnitud. O sea, es al final la mejor opción, porque hay cosas que no puedes hacer de otra manera. Por ejemplo, la que te decía The Motor Chain. Pero claro, son casos muy acotados. A nivel general creo que *blockchain* es una entidad muy útil que va a habilitar distintos aspectos de interés, como puede ser la parte de cripto, de web 3.0. toda la parte de DeFi³⁰, pero creo que no va a haber tanta aplicación en todos los físicos.

Muy bien, pues hasta aquí la entrevista Juan, han sido diez minutos, muy agradecido y nada, ver si algún día quieres quedar y charlar. Yo encantado.

Nada un placer, hablaremos.

³⁰ Término en inglés que significa *Decentralized Finance* (Finanzas descentralizadas).

10.3. ANEXO III: ENTREVISTA A FOREST CHAIN (P3)

Hola P3, buenas tardes y mil gracias. Te pido primero que me hagas por favor, una breve descripción de la empresa: objetivos, empleados que tengáis o seáis y principales líneas de negocio que tenéis actualmente.

Muy bien, sí te lo cuento, pues mira en Forest Chain nos dedicamos a la transformación digital para el sector de la madera. Nos vamos por aquí y luego te contaré que desarrollamos otras líneas de trabajo. Hemos desarrollado un software para la trazabilidad de la madera, basado en *blockchain* y un pasaporte digital. La necesidad que tiene el sector, se trata de un sector muy regulado. Las empresas tienen desde toda la cadena de suministro, desde el gestor forestal hasta el fabricante son sometidos a inspecciones, auditorías en el caso de trabajar con madera certificada para verificar sobre todo la legalidad de la madera. Entonces con esta plataforma, es una plataforma que está en la nube, muy fácil, muy intuitiva, donde ayudamos a las empresas a hacer frente a estos requerimientos de cumplimiento normativo y por otro lado se ha añadido funcionalidad para que puedan gestionar las empresas. No deja de ser un *ERP* para las empresas grandes nos integramos con su *ERP*, y las pequeñas les vale como herramienta de gestión corporativa.

Y en nuestro pasaporte digital el concepto está relacionado, pero es un producto independiente, lo que hacemos es que conectamos la *blockchain* con las personas. Eso significa que ponemos un código QR a los artículos de madera donde contamos toda la historia: ¿de dónde viene la madera?, ¿de qué bosque?, ¿qué ha hecho el gestor forestal?, ¿qué impacto positivo tiene en el planeta?... Mucha gente piensa que en la madera estás pelando los bosques, y eso es malo para el ecosistema, para el medio ambiente, y es completamente lo contrario. Entonces trasladamos esa historia de cómo comunidades locales pueden subsistir gracias a la gestión forestal pública de bosques comunales. Hablamos también de dónde viene la madera, de qué especie es (que también les puede interesar) y eso es lo que hacemos.

Como otras actividades que aparecen después, trabajamos también en trazabilidad para el vino, tenemos un proyecto para el vino. Y como empresa, estamos también abriendo en México y aquí estamos trabajando también para el tequila, para aguacate y posiblemente marihuana legal, lo estamos viendo también, y posiblemente algún proyecto

en automoción, aunque no tiene nada que ver lo que estamos haciendo hasta el momento, pero sí que nos ha parecido.

Hay un proyecto, que vamos a hacer un piloto y luego adicionalmente a Forest Chain estamos desarrollando un *marketplace* para *trading*, compra venta de madera con criptomonedas, esto lo estamos haciendo desde una empresa que tenemos en Lituania, y que lo tenemos parado ahora por la guerra de Ucrania; y también tenemos un proyecto en *NFT* de Metaverso en Estados Unidos para la venta de guitarras de colección. El *NFT* es un gemelo digital, consiste en un certificado de autenticidad, pero también nos estamos metiendo en este mundo de los *NFT* de esta manera.

La siguiente pregunta es sobre aplicaciones actuales que veas para con la tecnología *blockchain* en la agricultura, trazabilidad. ¿Qué tipo de verticales crees que tiene *blockchain* dentro de la agricultura?

Pues sí, bueno, sobre todo la trazabilidad. Nosotros que estamos con un proyecto del vino. Lo que hacemos, por un lado, trabajamos tanto con bodegas privadas como con cooperativas. En el caso de las bodegas privada cobra mucho sentido el pasaporte digital, porque lo que estamos contando, mira el otro día conocí una bodega que es la quinta generación, los toneleros también son de la misma familia, hacen toda la conservación del vino en barricas de madera, es artesanal, un montón de cosas. Cuando te bebes un vino, no sabes ese tipo de cosas. Entonces sirve para conectar al productor, desde un plano emocional, y luego también hay un plano de seguridad alimentaria, ahí las dos cosas.

Esto, se puede emplear en un montón de cosas. Por ejemplo, el otro día también leí sobre el “limón europeo” creo que se llama, que también está muy sometido a la regulación y cuando hay regulación tiene mucho sentido utilizar *blockchain*, porque lo que estás haciendo es justificando. Puedes presentar evidencia frente a un tercero como puede ser una administración pública que te audite o frente al cliente. En este caso, si hay una regulación es a un tercero y con los registros de las transacciones en *blockchain* te dan esa capa de seguridad y contabilidad que necesitas para esas evidencias.

Entonces en el caso de alimentación se me ocurren las dos cosas, (1) cuando hay un producto ecológico que también tienes que demostrar en toda la cadena de suministro que se ha respetado y se ha trabajado de acuerdo con una normativa, un protocolo, con una manera de trabajar, una gestión responsable, te ayuda a demostrarlo. Y (2) cuando es un

producto emocional, a nosotros nos pasa con el tequila, que también es lo mismo. También hay una parte que garantizamos que no se mezcla tequila bueno con tequila malo, bueno que el origen es de donde tiene que ser y luego traslada toda la historia de la familia, que son varias generaciones, y aquí es el productor quien quiere conectar de esa manera con su cliente.

Lo siguiente es el grado de apertura que tú veas del sector, tanto a la tecnología *blockchain* como a la innovación tecnológica. ¿Cuál es tu percepción?

Pues mira la madera, muy tímida porque son empresas familiares y hay de todo, hay desigualdades, hay “empresones”, las empresas muy grandes ya están digitalizadas. Oyen lo de *blockchain* y no saben muy bien qué es pero lo quieren utilizar un poco porque es moda, porque es tendencia, porque lo oyen, más que por una necesidad que tienen, más bien, es por hacerlo.

Pero las empresas más familiares, más pequeñitas, tienen... voy a decir incluso hostilidad hacia la tecnología, les da mucha pereza. Da mucha pereza. Cualquier plataforma tecnológica, cualquier sistema, sea de contabilidad, da mucha pereza, entonces es como que no está hecho para mí, como que es todo muy liso. Son empresas que tienen un Excel o tienen documentación en papel, la opción de la digitalización no llegan a ver las bondades. Cuando ya les cuentas que pueden tener un control de costes, por ejemplo, inteligente, que la herramienta es capaz de hacer predicciones, les parece muy interesante la idea, lo pueden visualizar, pero aun así les cuesta. Entonces la apertura en Europa te digo que nosotros estamos en varios países, y nos está costando bastante. En España está costando bastante, pero bueno, sí que tenemos aquí clientes que les encanta. Estados Unidos ha sido la mejor respuesta porque además lo querían y cuando nos conocieron nos han llamado. También, por ejemplo, en Indonesia, donde en mi caso la madera más problemas hay de legalidad es donde más interés tengo. Y ahí, sí que las empresas que trabajan de manera legal (que en este caso no son todas, en algunos casos te diría que una minoría) estas sí que quieren diferenciarse del resto. Entonces la acogida ha sido buena. Y en otros países como China pues no quieren *blockchain*, porque como no trabajan de manera legal, pero sí que a lo mejor les interesa la plataforma de gestión, pero sólo esa funcionalidad. Pero no han querido el *blockchain* porque no, no trabajan bien, estamos hablando de legalidad en la madera, que es un concepto fundamental de Forest Chain.

La siguiente pregunta es potenciales usos de *blockchain* en agricultura que no veas, que se estén dando o que en tu cerebro lo tengas anotado: como no se está utilizando aquí, pero se podría utilizar. ¿Hacia dónde se dirige o crees que a día de hoy está copado todas las verticales que *blockchain* aporta valor a la agricultura?

Pues no, hay productos que conozco que sí que tienen, ahora me estoy acordando de una marca de huevos, por ejemplo, que muchas veces digo: ¿de verdad que cuando compras un huevo quieres saber de dónde saber lo que pasa, más allá de que la gallina está en el suelo que te lo pone ya en el paquete? No sé si eso es interesante. ¿Quién va a escanear el código QR para contarte de dónde viene el huevo? No lo sé.

Pero hay otros, no sabría decirte a parte del limón europeo este porque tiene la regulación. Cualquier cosa que sea como la carne, carne de la sierra también creo que hay ¿no?, y vacuno. Hay ciertas cosas que pueden no o sí interesar al público y creo que hay cosas que todavía no están desarrolladas porque se considera que al público no le va a interesar y posiblemente no les va a interesar, por eso no se ha hecho. Pero yo creo que la atención tiene que ir para eso, para lo que tenga regulación o lo ecológico, hay un montón de productos que esto a la gente le va a dar igual de dónde vienen, no sé. Esto es lo que te he comentado en este momento del vino que sí, que tiene relación cuando lo bebes o el tequila en México. Hace poco hable con una marca de ron y les podía interesar también, pero al final no lo hicimos porque cuando te tomas una copa te da igual de dónde venga. Entonces, cualquier cosa que tenga regulación.

A mí si me ocurre, porque a veces tenemos proyectos que no es en sí agrícola, me explico, tenemos un proyecto, en la España vaciada, con varios pueblos que son de Guadalajara y Huesca, que tienen un montón de bosque y tienen la serranía cerrada. Lo que se pretende es que se ponga en funcionamiento la industria forestal de nuevo para que los jóvenes no tengan que irse del pueblo porque se están vaciando, se van a Zaragoza, Madrid, Barcelona... Pero si un chico o chica de 20 años se quiere quedar en el pueblo, que tenga empleabilidad. Entonces ese mensaje lo veo más importante que en sí el producto, entonces sí se está haciendo, por ejemplo, “Apadrina un olivo” es un proyecto súper bonito de un pueblo de Huesca o de Teruel que con cincuenta euros se apadrina un olivo y están produciendo un aceite *gourmet*. No es en sí el aceite, sino que estás dando de comer, estás dando una salida profesional a un montón de gente de un pueblo pequeño, pero se puede quedar allí a vivir. Estás ayudando a que el mundo rural se desarrolle.

Entonces lo veo que cualquier proyecto que tenga ese componente social se puede utilizar *blockchain*, porque te das cuenta de que puedes contar la historia que te de la gana y al poner la capa de *blockchain* estás dando como una garantía de que lo que estás contando se puede comprobar, se puede verificar, que también puedes contar la historia sin tener *blockchain* pero se me ocurre que en todo el mundo la agricultura tiene mucho sentido cuando tiene una componente emocional.

Muy bien. Y la última pregunta ¿cómo ves tú la tecnología *blockchain* a medio plazo? ¿Ves algún tipo de evolución? ¿Crees que madurará? ¿Ves que se incorporará en otras esferas de la vida cotidiana del día a día, más allá de la industria?

Bueno, más hoy, no sé si has visto el Bitcoin ha dado un bajonazo. Pues hoy es el día bueno, el Bitcoin, la bolsa, el IPC, que ya está al quince, seguro en los próximos meses, la subida de la gasolina a tres euros...

De hecho, está evolucionando un montón en la propia la poca tecnología, las redes de *blockchain*. Todo lo que sea minado clásico, está evolucionando hacia otro tipo de soluciones que no tengan tanto gasto energético. Y más ahora cómo está la energía.

Y luego sí que veo también que puede haber una evolución en Metaverso, hay quien dice que es la gran cosa, que sí o no o puede ser como la robótica, que nunca termina de despegar. Pero cada vez, veo a más interesados, más proyectos en marcha, más inversores que apuestan.

Y sí, en teoría puede sustituir a un notario, se puede utilizar mucho en documentación legal, en firmas, en los *smart contract*, eso es una de las cosas que también se ve la tendencia.

En educación, veo mucho en educación, para todo lo que son los títulos, todo el certificado de autenticidad, todo lo que sea dar fe de algo, se puede utilizar. Y en sí mismo la tecnología sí parece que están saliendo nuevas cosas, fuentes entre las redes, pero por lo menos está en movimiento. No sé hacia dónde se va a dirigir, pero están saliendo más cosas.

Y luego también el tema de los *NFTS* veo que la gente no tiene confianza en ese tipo de cosas, que es una burbuja total, que no tiene sentido, que es un disparate, que eso no va a

ningún sitio, es un poco lo que se oye en la calle. Y eso es muy peligroso, porque si la sociedad lo percibe como algo que es fraudulento, que no es limpio, no va a crecer. Ahí está el reto, está de moda, es tendencia hasta que se apague, pero quedará lo que tenga sentido.

Muy bien, pues muchísimas.

10.4.ANEXO IV: ENTREVISTA A AGROW ANALYTICS (P4)

¿Me puedes hacer una breve descripción de la empresa, objetivos que tenéis como empresa, o misión, empleados que seáis actualmente y principales líneas de negocio?

Nosotros somos un software de recomendación de riego. Recomendamos dónde, cuándo y cuánto regar de forma autónoma y anticipada. Tanto si nuestros agricultores tienen sensores como si no, es decir podemos regar cualquier campo de forma precisa del mundo. Somos quince empleados.

¿Ya habéis levantado alguna ronda de financiación entiendo?

Sí.

Y la línea de negocio es esa y la tenéis ahí o ¿dentro del agro estáis ayudando en otros campos?

Trabajamos con dos tipos de cliente: el agro, y dentro de agro empresas de frutas y hortalizas; y en *smart city*, que son jardines de la ciudades y campos de golf.

La primera pregunta es directa y al pie ¿qué aplicaciones en general crees por toda tu investigación de mercado que está haciendo la agricultura en el mundo *blockchain*, por ejemplo, trazabilidad?

Pues, obviamente, la primera es trazabilidad que es ver, el tema este de la cadena de suministro, las condiciones en las que se ha criado, ha sido cultivado cada producto, incluso el agua que ha consumido cada producto, los procesos por los que ha pasado, y todos estos sitios. Todas estas cosas que sin duda van a ser clave. Incluso lo que se le ha pagado a cada proceso, es decir, el reparto monetario que ha habido dentro de esa cadena de suministro. Y sin duda, digamos que esta es la parte que yo diría que está más desarrollada y sin duda, toda la parte de intercambio de valor. Utilización de los recursos agrícolas como intercambio de valor. Y te pongo como ejemplo: Agrotoken. No sé si te sonará, pero Agrotoken que lo que ha hecho es *tokenizar* diferentes recursos: soja, maíz... que al final lo que les permite a los agricultores es poder hacer un intercambio de valor con lo que ellos mismos producen.

Dentro de trazabilidad, he metido todo el tema de certificación, porque todas las certificaciones van a estar llevadas por *blockchain*.

¿Qué grado de apertura ves del sector a esta nueva tecnología, concretamente a la *blockchain*? Tocaré divulgar porque no parece un sector a priori muy innovador. ¿Cuánto está costando penetrar o empezar a aplicar tecnología y, sobre todo, evangelizar y divulgar sobre ella?

Aquí es muy importante destacar que, en el agro, en todos los sectores, pero en el agro la tecnología no vende. La palabra *blockchain* no vende, la palabra inteligencia artificial no vende. Es decir, lo que vende son utilidades. Y cuando lo enfocas desde este punto de vista, cuando es realmente de una utilidad de verdad, están muy abiertos. Es decir, es una cuestión de mensaje, si tú vas con un mensaje en base a la tecnología, te vas a encontrar una puerta cerrada no, cien mil. Si vas con un mensaje acorde a los beneficios, y a la utilidad que le pueden ofrecer, todo el mundo quiere ser más eficiente, por así decirlo.

¿Cuáles son los potenciales usos de la *blockchain* por el agricultor que a día de hoy no se estén dando?, o que tú llegues a visualizar o creas que con una evolución tecnológica se pueden llegar a dar.

Hay muchos procesos, el campo es un ambiente caótico y salvaje, por así decirlo. No es una industria y hay muchos procesos que no se pueden monitorear, no se puede cuantificar. Entonces, conforme más procesos puedan ser cuantificados y se les pueda hacer un seguimiento, pues *blockchain* tendrá cada vez más fuerza en ese sentido.

¿Qué futuro ves de la *blockchain* a nivel general en la sociedad? Porque tú estás muy orientado a un sector, pero al final es una la tecnología que capitaliza en cualquier sector. Tú ¿cómo lo ves? Todo el mundo conoce el *blockchain* como criptomonedas pero, como experto o persona que se basa en una tecnología para desarrollar un modelo de negocio, ¿ves más allá de lo que, de lo que es y de lo que hay ahora?

Claramente sí. Y te digo porque yo, tal y como lo veo, no soy un experto en *blockchain* ni nada de eso, pero el *blockchain* satisface una debilidad humana, que es la confianza. No confiamos en nosotros mismos ni en las cosas que nos rodean. Entonces por eso existen esos sistemas centralizados. Confiamos en entidades, pero bueno, podemos ver que más o menos son justos. Entonces simula esa escasez, esa confianza. Entonces todo

lo que pueda ser sustituible por el *blockchain* y que satisfaga esa demanda de confianza. Por eso web3, todo este tipo de cosas, en base a la confianza puede monetizar un servicio web de publicidad porque todos confiamos en que el reparto va a ser justo. Entonces sí, para mí se basa en eso y todo lo que pueda resolver eso mismo lo podrá resolver el *blockchain*.

Sí no eres experto en *blockchain*, ¿cómo entraste en este mundo? ¿Eres experto agro, y viste que la tecnología aprovechaba para el sector? Al final eres fundador de una empresa que da servicios de tecnología para la agricultura basada en esta tecnología. Entonces ¿cómo llegas a esta parte de la *blockchain* y desarrollo un proyecto?

Soy fanático de la innovación, el hecho de que sea fanático de la innovación hace que me interese por las principales tecnologías y sus principales aplicaciones. Dentro de mi conocimiento limitado puedo intuir que, al fin y al cabo, las tecnologías son un medio para un fin. Sí sabes los fines, pues ya buscaremos la tecnología, pero lo que sí es importante y para eso no hace falta tener conocimiento de tecnología, es saber las cosas que queremos resolver con la tecnología. Es decir, si te fijas no he entrado en ningún momento en nada técnico de la *blockchain* porque la cosa está en que existen necesidades y deben de ser satisfechas sea con *blockchain* o sea con cualquier otra tecnología

Muy bien Pablo, pues por mi parte la entrevista termina aquí, no te robo más tiempo. Te doy mil gracias.

A ti.

10.5. ANEXO V: ENTREVISTA A KH GRUPO (P5 Y P6)

Primero, mil gracias por la oportunidad, son 15 minutos de entrevista aproximadamente y 5 preguntas abiertas para que expliquéis lo que veáis oportuno. Ya llevo varias entrevistas, no dura más de 15 minutos a no ser que os lieis a hablar (risas).

Sí, que eso pasa mucho.

Sí, lo primero que os pregunto es un poco de la empresa tanto de KH en este caso, como del proyecto que tenéis de *blockchain*. Si alguien me lo puede contar de manera resumida.

— Vale, muy fácil. Empezamos hace 25 años. Éramos un proveedor de servicios para la automoción, proveedores que se llama de nivel tres. Y poco a poco hemos ido añadiendo unidades de negocio diferentes. Actualmente tenemos seis unidades de negocio.

Tenemos una línea de negocio que es montajes en secuenciación. Otra unidad de negocio que es fabricar elementos térmicos y acústicos. Otra unidad de negocio que es fabricar estructura metálica. La cuarta es diseño y venta de componentes que no fabricamos. La quinta es servicios de ingeniería aplicada y acciones de contención, que es arreglar problemas de los coches o de las piezas. Y la sexta es una *spin-off* que hicimos hace un año y medio, que es una empresa tecnológica que intenta dedicarse a transferir a las empresas que conocemos a nuestro alrededor, el conocimiento que hemos adquirido a lo largo de 25 años digitalizando KH.

Entonces, y yéndonos a ese punto concreto os pregunto por Patatas LZR, ¿fue Patatas LZR, o sea, ¿fue Patatas LZR quien os pidió el servicio de *blockchain*?, ¿vosotros lanzasteis la *spin-off* y por cercanía con Patatas LZR ve el valor que tiene la *blockchain*.

— Nosotros lo que hicimos cuando lanzamos la *spin-off* y dentro de ella nos especializamos en el área *blockchain*, lo primero que hicimos fue pensar que lo que había que hacer era identificar el valor añadido, que es algo que nadie nos contaba ni nadie cuenta. Entonces confeccionamos toda una lista muy grande de particularidades, ventajas que te podía ofrecer en según qué tipo de ámbitos. Y una vez registradas, empezamos a

salir a la gente que conocíamos a ofrecerla. Gracias al contacto de IT de Patatas LZR, que es amigo nuestro, pues la cliente nos ofreció una reunión. Es allí que nos fuimos y le presentamos qué entendíamos que le podíamos aportar y le gustó. Y dijo: “pues eso que decís me gusta, lo quiero”. Y le ofrecimos un primer proyecto piloto gratuito y qué hicimos, certificar lo que has visto. Certificamos a través de *blockchain* todo su proceso para un saco de patatas que pertenece a un lote. Desde el día que lo siembras, lo recoges, lo transportas, lo almacena, lo envasa y lo llevas a tu cliente.

La idea simplemente era empezar por tener un conocimiento, que ellos supieran un poco cómo funcionaba esto, las complejidades técnicas. Y el siguiente paso, ya es abordar más allá y llegar al valor añadido que de verdad le puede dar sus clientes finales. Le hemos presentado dos o tres alternativas a las cuales puede llegar a contactar, empezando por una patata gourmet certificada, la patata ecológica, por ejemplo, también la comida orgánica, y la típica App que tú irás al lineal y directamente allí podrás verificar que la patata tiene unas condiciones, unas cualidades completamente distintas a la de la competencia.

¿Veis algún aporte dentro del sector agro, más allá de la trazabilidad con *blockchain*?

— Totalmente, totalmente. Con la cooperativa de Viver, por ejemplo.

— Hemos trabajado en la cadena de suministro inicialmente, pero el plan de control de calidad es muy importante para diferenciarte y para dar un valor añadido a tus clientes. Y luego la huella de carbono, todas las empresas en general y en el sector agroalimentario en especial, que están trabajando por tener una huella de carbono más *ecofriendly*. Entonces, estas tres aplicaciones son fundamentales.

— Y hay otra más que es el tema de la membresía o el mercado digital vivo. Hay ciertos productos más allá del gourmet que tú puedes certificar y entonces a la compra por parte de tus clientes le acompaña un certificado de compra de ese producto tan especial. Pongamos por caso, como estamos con la cooperativa de Viver, una botellita de aceite que es *Lágrima de Oro* que vale 300,00€ la botellita de aceite. A partir de ahí, tú con esa compra digital tienes físicamente la botella de aceite y virtualmente tienes un certificado. ¿Que para qué te sirve ese certificado? Para entrar en mercados digitales exclusivos.

Solamente, clientes que tengan la propiedad de ese *token* podrán entrar a comprar productos de ese estilo de nivel y es un mercado completamente cerrado.

— Porque se llama membresías, muy interesante.

— Pero no deja de ser, lo que todo el mundo conocemos de toda la vida de un club VIP. Pero de la forma digital. Y lo que decimos es que esto te vale para una joya, te vale para un alimento muy especial y para cualquier cosa. En el momento tú compras ese artículo, no sólo tienes el artículo, sino tienes el *token*, que es el que te da derechos exclusivos, los que tú quieras. Entre ellos forma parte de un mercado digital, entrar a poder comprar otro tipo de productos similares, entonces el producto me lo quedo, lo compro, lo uso o lo guardo, pero ese documento o ese certificado lo puedo transferir, lo puedo vender, lo puedo hacer uso de él durante el tiempo que se me permita, puede ser indefinidamente si las condiciones que son, pero ya la empresa decide qué valor o qué propiedades y las puede variar en el tiempo, se le va a dar a ese certificado.

¿Y cómo veis al sector agro de receptivo? Porque es como un sector muy arcaico, aunque Patatas LZR sé que no.

— Para nada. Fuimos a Bilbao, al *Food for future*, y ahora de Málaga nos han llamado para ir a otra de Agroalimentaria que es el *Smart in food* en septiembre. Que está toda pensada para nuevas tecnologías, para sector agroalimentario. Ayer o antes de ayer estuve en Orihuela, en Agricultura 4.0. Un encuentro que se hace porque las empresas agroalimentarias están deseosas de introducir la tecnología en sus procesos.

— Y ya no solo la tecnología *blockchain* y nuevas tecnologías que están por venir, que son fascinantes. Ahí vimos cómo sobre una carne de calidad *premium* hay un adhesivo que va cambiando el color y te va indicando el grado de calidad.

Un proyecto similar vino a nuestra empresa para que lo desarrolláramos.

Son etiquetas y van certificando la calidad del producto. No es lo mismo que te lo comas, de aquí a un mes y medio eso te lo va diciendo. Hay mucha tecnología que se está poniendo y en concreto empiezan a haber muchos pilotos, en este caso de *blockchain*, y allí salieron, hubo cuatro charlas además de la nuestra, y los cuatro hablaron de *blockchain* y de un primer piloto. Es verdad que es una punta de lanza, pero ya hay muchas puntas de lanza.

— Pero en la Feria de Bilbao pudo haber 20.000 asistentes fácilmente. Todos eran empresas relacionadas con agro.

Y la última pregunta es, ¿cómo veis, la *blockchain* en otras aplicaciones del futuro de *blockchain* a medio plazo? No me atrevo a decir a largo.

Lo que lleva a medio plazo va a ser una demanda por parte de todos los sectores, porque los gobiernos de todo el mundo están exigiendo que se trabaje de esta forma.

Por la confianza.

— Sí.

— Por la confianza, y por la eliminación de intermediarios y la automatización de los procesos de la toma de decisión, que es para mí lo más importante, el poder automatizar procesos de gestión

— Yo creo que están juntando dos cosas; la primera, la que dice P5 que va de arriba hacia abajo y otra que va de abajo hacia arriba, que también es muy importante. Y es que los consumidores, que pagamos un dinero extra por adquirir un producto de mayor calidad, queremos que nos devuelvan ese dinero convertido en información y esa conversión en información. El que mejor posicionado esta para darla es sin duda *blockchain*. Entonces, al final el usuario final va a querer, va a pedir esa información al supermercado y el supermercado a la cadena de suministro y se va a ir juntando las peticiones a nivel oficial que vienen desde arriba y las presiones de huellas de carbono, de controles de calidad por arriba y por abajo. El cliente, que cada vez necesita tener esa información y cada vez la exige como un valor añadido que el que tiene porque paga por ese producto un valor superior. Entonces eso se va a juntar y espero que se haga que se junte en los próximos años. Como mucho ya más a largo plazo.

— Yo lo veo mucho más allá de la interconexión de los ecosistemas de empresas. Nosotros estamos trabajando en un proyecto en ese sentido y yo la veo algo que nos lo va a ofrecer *blockchain*, porque es muy sencillo que yo mi información, la cuelgue en *blockchain*, todo mi sistema a mi alrededor haga lo mismo de la suya propia de una forma muy fácil y tengamos toda esa información integrada que nos sirve a todos para las tomas de decisión. Y no hay que hacer grandes inversiones en infraestructuras ni en comunicación entre sistemas. Eso para mí es un valor muy grande. ¿A dónde llega eso?

No sólo dentro de las empresas sino, a la sociedad. Yo, soy de los que piensan que en diez años o quince la empresa, los ciudadanos, estaremos totalmente interconectados entre nosotros, las estructuras y los gobiernos. Yo quiero pensar así. Yo soy optimista.

— Señal de que a nivel organizativo se está pidiendo, a nivel de bajo del consumidor se está pidiendo y luego a nivel de empresa estamos en un momento en el 2022 en el que estamos, en que las empresas ya han pasado la época de piratas, que ya están en la época de hacer las cosas bien para sobrevivir, si no ya no sobreviven. Y las empresas que hacen las cosas bien no les importa decirlas y publicarlas, porque eso les da una transparencia que inmediatamente se convierte en credibilidad. Y la credibilidad es muy importante para todos los productos.

— Nosotros nos encontramos ahora en estos principios con muchas empresas que tienen interés, pero todavía les da miedo publicar la información. Pero eso es al principio, es a día de hoy, en un año, calculo yo, ese paradigma habrá desaparecido completamente, porque verdaderamente es lo que dice P5, va a ser completamente necesario demostrar ante los demás que yo soy transparente y que como lo hago, como sea mi proceso, el origen, el antifraude, todo estará publicado y será real, de forma que estaremos dentro de esa cadena de fabricación la gente que verdaderamente seamos, por así decirlo, “buenos” y eliminas a los que no hacen las cosas como Dios manda. La gente le va a perder el miedo a publicar. Hoy en día todavía se tiene miedo. Hemos ido a más de una empresa que están encantados, pero te llega la propiedad y te dice ¡huy!, “¿y yo tengo que mostrar esa información?” y eso les para. En un año es como una bola de nieve, se les va a comer la percepción de que vivimos en un mundo donde tienes que ser honesto y transparente.

Me encanta porque mi grado, el grado que estoy terminando se llama Información y Documentación y se centra en todo lo que habéis comentado.

Muchas gracias por vuestro tiempo y sinceridad.

Muchas gracias a ti.