



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Económicas Escuela de Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Análisis de la incidencia y viabilidad de los
contratos inteligentes en la trazabilidad de
precursores químicos en la Argentina

AUTOR: ING. LEANDRO ULISES SACCO

DIRECTORA: DRA. MARÍA EUGENIA DE SIMONI

FEBRERO 2019



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Dedicatoria

A la memoria de mi abuela Lola.

A mis padres por su constante e incondicional apoyo en todas mis locuras y proyectos.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Agradecimientos

Especial agradecimiento a la Dra. María Eugenia De Simoni por su colaboración constante a lo largo de todo el proceso de desarrollo de este trabajo.

A mi mamá por su constante apoyo, su colaboración como correctora y buenos consejos.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Declaración

“Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en esta u otra institución.”

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, febrero de 2019



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Resumen

La preocupación por el origen de los productos que consumimos es cada día mayor en nuestras sociedades. Las cadenas de suministro tienen alcance global y tener visibilidad completa sobre las mismas no resulta siempre posible. Actualmente el sistema de trazabilidad de precursores químicos argentino es centralizado y presenta problemas de integridad, transparencia y exceso de complejidad al momento de implementarse.

La cadena de bloques representa una tecnología innovadora y disruptiva al agregar una capa de confianza sobre Internet y modificar cómo las personas y organizaciones se relacionan entre sí y realizan negocios en la red de redes. El alcance de esta investigación es proponer un cambio en el sistema de trazabilidad de los precursores químicos en la Argentina mediante el estudio de la incidencia y viabilidad de implementar contratos inteligentes en la cadena de suministros de las sustancias químicas controladas que permiten conocer la historia completa de un producto. *Quién, Qué, Cuándo y Dónde*, son atributos de un producto y el sistema propuesto da mayor transparencia y visibilidad a los mismos y aumenta la seguridad de la información.

Con este propósito en mente, el autor describe la composición de la cadena de suministros para conocer sus problemas actuales y sus expectativas sobre el cambio propuesto. Se justifica la elección de la plataforma Ethereum mediante el estudio de las principales tecnologías de la cadena de bloques, comparando sus ventajas y debilidades. Finalmente, analiza los próximos desafíos de los contratos inteligentes aplicados a la trazabilidad de productos.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Palabras clave: cadena de bloques, contratos inteligentes, precursores químicos, trazabilidad.

Clasificación JEL: O33



Índice General

Introducción.....	1
1. Planteamiento del Tema.....	5
1.1. Pregunta Problematicante.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Hipótesis.....	6
1.4. Justificación.....	7
1.5. Alcance y Limitaciones.....	7
2. Marco Teórico.....	9
2.1. Cadena de Suministros.....	9
2.1.1. Definición.....	9
2.1.2. Gestión de la Cadena de Suministros.....	9
2.2. Trazabilidad.....	11
2.3. Cadena de Suministros de Precursores Químicos.....	13
2.3.1. Precursores Químicos.....	13
2.3.2. Desafíos de la Cadena de Suministros de Precursores Químicos.....	14
2.4. Cadena de Bloques.....	15
2.4.1. Cadena de bloques como tecnología disruptiva.....	15
2.4.2. Definición.....	16
2.4.3. Conceptos básicos.....	17
2.4.4. Propiedades de la Cadena de Bloques.....	20
2.4.5. Desafíos y Limitaciones de la Cadena de Bloques.....	21
2.4.6. Criptomonedas y Bitcoin.....	23
2.5. Contratos Inteligentes.....	26
2.5.1. Definición.....	26



2.5.2. Propiedades de los Contratos Inteligentes.....	28
2.5.3. Desafíos y limitaciones de los Contratos Inteligentes.....	29
2.5.4. Contratos Inteligentes y negocios.....	30
2.5.5. Ethereum.....	32
3. Metodología.....	37
4. Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos.....	39
4.1. Marco regulatorio internacional.....	39
4.2. Marco regulatorio nacional.....	40
4.2.1. Normas Jurídicas.....	40
4.2.2. Entes de control gubernamental.....	41
4.3. Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos.....	43
4.3.1. Objetivos.....	43
4.3.2. Actores de la cadena de suministros.....	44
4.3.3. Manual de Procedimientos del Registro Nacional de Precursores Químicos.....	45
4.4. Limitaciones del Sistema.....	50
5. Sistema Nacional Distribuido de Trazabilidad de Precursores Químicos.....	52
5.1. Objetivos.....	52
5.2. Requisitos del Sistema.....	52
5.3. Arquitectura del Sistema.....	54
5.4. Operativa básica del sistema.....	56
5.5. Mejoras aplicadas a la práctica diaria.....	59
5.6. Resistencia al cambio.....	60
5.7. Costos del nuevo sistema de trazabilidad.....	61
5.8. Viabilidad e incidencia de implementar el nuevo sistema en la Argentina.....	62
6. Desafíos futuros.....	64
6.1. Cadena de bloques y contratos inteligentes.....	64



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



6.2. Internet de las Cosas y precursores químicos.....	65
6.3. Seguridad.....	67
6.4. Marco jurídico.....	68
Conclusiones.....	70
Referencias bibliográficas.....	73
Bibliografía.....	83
Glosario.....	85
Anexo A: Lista de Precursores Químicos.....	87
Anexo B: Matriz Bibliográfica.....	90



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Índice de Gráficos

Gráfico 1. Ciclo de Sobre expectativa de las Tecnologías Emergentes de Gartner, 2017..	22
Gráfico 2. Cómo funciona la Cadena de Bloques.....	25
Gráfico 3. Circuitos Legal e Ilegal de los Precursores Químicos.....	39
Gráfico 4. Flujo de Registro de Usuarios.....	48
Gráfico 5. Guía de Funcionamiento.....	49
Gráfico 6: Cadena de Suministros Precursores Químicos con Cadena de Bloques.....	57

Introducción

El sistema productivo actual está dominado por el criterio de trazabilidad, como garantía de confianza, seguridad y fiabilidad para los consumidores y es válido para cualquier rubro. Algunos ejemplos: productos farmacéuticos, autopartes, bienes de consumo, materias primas, productos orgánicos y cualquier otro tipo de bien sobre el cual sea factible trazar una historia completa. El concepto de la trazabilidad de los alimentos se convirtió en tema público con el surgimiento de patologías complejas y especialmente durante la crisis de la encefalopatía espongiforme bovina (ESB, conocida como el mal de las vacas locas) en los años noventa (Todt, 2008). La demanda de los consumidores de mayor visibilidad de los productos adquiridos crea en las empresas la necesidad de otorgarles una respuesta precisa en el etiquetado final de los productos. Hoy en día los consumidores quieren saber qué contiene exactamente el producto, cuál es el origen de lo que están comprando y bajo qué condiciones fue elaborado.

Un sistema de trazabilidad es una estructura de información que brinda diferentes ventajas a la organización que lo implementa:

- Permite conocer la localización de cada producto en un momento determinado.
- Es un instrumento contra la falsificación y el fraude.
- Ayuda a la apertura de nuevos mercados de exportación preocupados por las condiciones laborales de donde proviene el producto y sus materias primas.
- En caso de algún problema comercial o fitosanitario, agiliza la ubicación y retirada efectiva de los productos del mercado.
- Optimiza la gestión de stock.
- Es una herramienta que facilita el proceso de respuesta frente a las reclamaciones de proveedores y consumidor final.

- Posiciona a la empresa como una entidad responsable.
- Les otorga confianza en la empresa al consumidor final y a los proveedores.

La cadena de bloques (del inglés Blockchain) es una de las nuevas tecnologías más atrayentes de la actualidad. Junto con el Internet de las Cosas (del inglés Internet of Things), Big Data, la impresión 3D, la biotecnología, la nanotecnología y las neurociencias conforman un conjunto de nuevas disciplinas que comienzan a dejar su impronta en la vida cotidiana de las personas y las organizaciones (Schwab, 2015). Algunos autores las señalan como disruptivas en el sentido de una innovación en la cual se utiliza tecnología para transformar un servicio o un producto complejo y costoso, en algo simple y económico. Es también “...una innovación que permite a una población mayor de personas que anteriormente carecían del dinero o la posibilidad ahora pueden comenzar a comprar y usar un producto” (Christensen y Raynor, 2003, p. 102). La innovación disruptiva no busca introducir productos con mejores características sino crear un nuevo mercado para productos más confiables y de menor costo que los existentes (Watkins, 2013). En uno de sus reportes anuales, la firma Needham (2015), identifica a la cadena de bloques como disruptiva por la oportunidad de nuevos negocios que representa.

La cadena de bloques, que se hizo conocida en el año 2008 a partir de la aparición del Bitcoin, posee una herramienta con gran potencial de desarrollo futuro: los contratos inteligentes (del inglés Smart-Contracts), que van un paso más allá de las criptomonedas en la implementación del concepto de economía descentralizada. La tecnología de la cadena de bloques permite a dos partes que no se conocen, poder realizar una operación sin necesidad de recurrir a un tercero para que garantice sus identidades. Los contratos inteligentes agregan una nueva capa de funcionalidad a la cadena de bloques permitiendo que se ejecuten las condiciones descritas en el código del contrato sin posibilidad de que sus cláusulas sean alteradas o eliminadas por alguna de las partes.

La tecnología de la cadena de bloques puede ayudar a hacer más eficiente y eficaz la trazabilidad porque permite rastrear el recorrido que realiza cualquier producto, ya sea carne, pescado, verdura, fruta, celulares, autopartes, equipos electrónicos, fármacos, etc. El seguimiento se realiza desde su nacimiento hasta llegar a manos del comprador final y

también en las etapas posteriores, como el reciclado. En la actualidad, implementar un sistema de trazabilidad tradicional, implica obtener certificaciones, contratos e intermediarios que resulta costoso en términos de tiempo y recursos invertidos. En este sentido, la cadena de bloques y los contratos inteligentes parecen capaces de brindar la seguridad y flexibilidad necesarias a un costo menor (Korpela, Hallikas, y Dahlberg, 2017).

El presente trabajo propone realizar un análisis de la viabilidad de implementar una cadena de bloques distribuida y con contratos inteligentes para el sistema de trazabilidad de los precursores químicos en la Argentina, entendiéndose por precursores químicos a las “sustancias o productos químicos autorizados y que por sus características o componentes puedan servir de base o ser utilizados en la elaboración de estupefacientes” (RenPre, 2014a). Se plantea pasar de una arquitectura centralizada a una distribuida basada en la tecnología de la cadena de bloques y fundamentada en el desarrollo e inclusión de los contratos inteligentes a lo largo de la cadena de suministros. El nuevo sistema propuesto cumple con lo reglamentado en los Decretos 1095/96 (1996) y 1161/00 (2000), reguladas por la resolución 900/12 (2012) creada por el Registro Nacional de Precursores Químicos (RenPre) y la Secretaría de Programación para la Prevención de la Drogadicción y la Lucha contra el Narcotráfico (SEDRONAR). El cambio tecnológico incrementa la visibilidad, la integridad y la transparencia de toda la cadena de suministros.

Se busca también estudiar la incidencia de implementar una cadena de bloques distribuida y con contratos inteligentes sobre la cadena de suministros de los precursores químicos con el objetivo de poder mejorar su trazabilidad y garantizar que estos productos no sean desviados al mercado ilegal de producción de estupefacientes. Las organizaciones se benefician al reducir costos como consecuencia de la eliminación de pasos burocráticos y de intermediarios de la cadena que no aportan valor y cuya única función actualmente es garantizar la identidad de las partes intervinientes en una operación.

La implementación de contratos inteligentes a lo largo de la cadena de suministros con el objetivo de obtener una trazabilidad completa de un producto está actualmente en plena fase de investigación y desarrollo en todo el mundo. Existen ya compañías que están invirtiendo en I+D de nuevas aplicaciones de contratos inteligentes a diferentes cadenas de

suministros globales. La cadena de bloques y los contratos inteligentes recién están dando sus primeros pasos en el mundo de las TIC y presentan características que las podrían convertir en protagonistas fundamentales de la llamada cuarta revolución industrial. Resulta muy complejo poder cuantificar el potencial de cambio que traerán con ellas y el valor agregado que generarán en la sociedad, especialmente al momento de integrarse con otras tecnologías disruptivas como la Internet de las Cosas y Big Data.

El presente trabajo se estructura en 6 capítulos:

En el capítulo 1 se detallan el tema que guía la investigación, los objetivos, justificación, alcance y limitaciones de esta.

En el capítulo 2 se profundiza sobre el marco teórico.

En el capítulo 3 se describe la metodología aplicada.

En el capítulo 4 se aborda la problemática actual de la trazabilidad de los precursores químicos en la Argentina. Se hace énfasis en las limitaciones y problemas que estas enfrentan en la actualidad.

En el capítulo 5 se propone un nuevo sistema de gestión distribuido de la información para realizar la trazabilidad de los precursores químicos. Se analizan distintas plataformas que implementan la cadena de bloques y se justifica la elección de Ethereum para el desarrollo del sistema de trazabilidad propuesto en este trabajo. Se analiza la incidencia y viabilidad de implementar contratos inteligentes sobre las cadenas de suministro de los precursores químicos en la República Argentina.

En el capítulo 6 se reflexiona sobre los desafíos futuros que enfrentan las cadenas de suministros de los precursores químicos, la cadena de bloques y los contratos inteligentes.

1. Planteamiento del Tema

1.1. Pregunta Problematizante

Un problema de investigación actual es determinar la procedencia de un producto y sus materias primas, algo que no siempre es posible al ser compleja la producción y distribución de estos. Actualmente las cadenas de suministros son de alcance global y cuentan con múltiples actores interviniendo a lo largo de la misma. La reciente irrupción de la cadena de bloques y los contratos inteligentes presentan nuevas oportunidades de mejora en la trazabilidad de los productos, aumentando la visibilidad, integridad y transparencia sobre toda la cadena de suministros.

Las siguientes preguntas guían la investigación:

- 1) ¿Cuáles son los desafíos que plantea la cadena de suministros de los precursores químicos?
- 2) ¿Qué ventajas y desventajas presentan los contratos inteligentes en la cadena de suministro en general y de los precursores químicos en particular?
- 3) ¿Es viable aplicar contratos inteligentes para mejorar la trazabilidad sobre la cadena de suministros de los precursores químicos en la Argentina?
- 4) ¿Qué incidencia tendrán los contratos inteligentes sobre la cadena de suministros de los precursores químicos y los actores que forman parte de esta?
- 5) ¿Cuáles son los desafíos futuros en la mejora de la trazabilidad de los precursores químicos?

1.2. Objetivos

Partiendo de las preguntas problematizantes del inciso anterior, el presente trabajo se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general: analizar la incidencia y viabilidad de reemplazar el actual sistema de control de precursores químicos en la República Argentina por un sistema de trazabilidad distribuido basado en contratos inteligentes y cadenas de bloques.

Objetivos específicos:

- Estudiar la composición actual de la cadena de suministros de los precursores químicos. Relevar la bibliografía existente sobre la cadena de suministros de los precursores químicos, en relación con los desafíos técnicos y la posibilidad de implementación de la tecnología de contratos inteligentes.
- Proponer un nuevo sistema de trazabilidad basado en la cadena de bloques. Justificar la elección de la plataforma Ethereum para generar los contratos inteligentes.
- Identificar los desafíos futuros de la cadena de bloques y los contratos inteligentes en general y la trazabilidad de los precursores químicos en particular.
- Sintetizar los hallazgos en una matriz FODA.

1.3. Hipótesis

Este trabajo se desarrolla sobre la hipótesis de que implementar contratos inteligentes posibilita realizar la trazabilidad de los precursores químicos a lo largo de toda su cadena de suministro con los siguientes resultados respecto del sistema de trazabilidad actual:

- Aumentar la visibilidad, integridad y transparencia por medio de la implementación de una red distribuida.
- Obtener mayor precisión y cantidad de información suministrada a todos los actores de la cadena, incluyendo entes reguladores y consumidores finales.
- Incrementar la seguridad de los datos.

1.4. Justificación

Uno de los objetivos principales de los entes de control debería ser: asegurar a todos los ciudadanos que elementos categorizados como de riesgo o peligrosos para la salud humana, se mantienen controlados en todo instante, desde su origen hasta que llega al consumidor final.

Los precursores químicos, desde el momento que pueden ser utilizados para la elaboración de sustancias psicoactivas, entran en esta categoría. Por esta razón, en la Argentina se implementó el Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos, dependiente del Registro Nacional de Precursores Químicos. Este sistema, aunque nuevo desde un punto de vista cronológico, está basado en un viejo paradigma de trazabilidad centralizada.

Un sistema de trazabilidad distribuido presenta ventajas al asegurar la integridad de la información, permitir el seguimiento en un rango de tiempo real, descentralizar los datos para su mayor seguridad y aumentar la visibilidad y transparencia de toda la cadena. Las tareas de seguimiento y control se vuelven más eficientes y aumentan la confianza de los ciudadanos y las instituciones en el sistema de trazabilidad de precursores químicos. La cadena de bloques es una de las tecnologías disruptivas surgidas durante la última década, que aún se encuentra en plena etapa de investigación y desarrollo. Plantear una solución para un problema real constituye un avance tanto para el sector productivo involucrado como para la tecnología en sí misma.

1.5. Alcance y Limitaciones

Alcance:

- El presente trabajo explora la cadena de suministros de los precursores químicos en la República Argentina.
- La investigación abarca únicamente a los actores que integran la cadena de suministros en la Argentina.

Limitaciones:

- La problemática de la comercialización del producto o cualquier otro tipo de transacción financiera entre los actores de la cadena en relación a los precursores químicos quedan fuera del alcance de este trabajo.
- Los proveedores internacionales no son analizados en este estudio.

2. Marco Teórico

2.1. Cadena de Suministros

2.1.1. Definición

El concepto de cadena de suministros (del inglés Supply Chain) ha venido ganando reconocimiento desde mediados de los años '90 (Chen y Paulraj, 2004). Mentzer et al. (2001) cita tres definiciones del concepto de cadena de suministros antes de dar la suya propia:

- Según Christopher (1992), una cadena de suministros es una red de organizaciones vinculadas, en sentido ascendente y descendente, por procesos y actividades que producen valor en forma de productos o servicios para el consumidor final.
- De acuerdo a La Londe y Masters (1994), es un conjunto de organizaciones que se transfieren materiales entre sí.
- Para Lambert, Stock y Ellram (1998), es un conjunto alineado de firmas con el objetivo de llevar un producto al mercado. Es una red de múltiples relaciones y negocios.
- Finalmente, la definición a la que adhiere este trabajo es la declarada por el propio Mentzer et al. (2001): "...un conjunto de tres o más entidades (organizaciones o individuos) directamente involucradas en los flujos ascendentes y descendentes de productos, servicios, finanzas y/o información desde su origen hasta un cliente" (p. 4).

2.1.2. Gestión de la Cadena de Suministros

Los principales objetivos de la gestión de la cadena de suministros (del inglés Supply Chain Management) son (CSCMP, Gibson, Hanna, Defee, y Chen, 2013):

- Lograr un cumplimiento eficiente de los compromisos con el cliente. Debe asegurar el inventario para satisfacer la demanda. Reducir los gastos de la cadena de suministros adaptando la producción a la demanda real.
- Generar valor para el cliente. Las estrategias adoptadas deben conducir a cumplir los requisitos del cliente.
- Mejorar la capacidad de respuesta organizacional al cambio. En el entorno actual tan dinámico y de condiciones cambiantes, las organizaciones deben contar con cadenas de suministros flexibles capaces de adaptarse a las nuevas necesidades de sus clientes o al surgimiento de oportunidades en nuevos mercados.
- Desarrollar la resiliencia de la red tornándola capaz de minimizar los riesgos y enfrentar cambios en las condiciones de juego de los mercados, desastres naturales, conflictos sociales o armados, cambio de proveedores.
- Maximizar la rentabilidad, que es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente y el costo total de la operación, contribuyendo así al éxito de la organización. La gestión de la cadena de suministros es utilizada por las empresas líderes para diferenciarse de la competencia, conseguir nuevos mercados y aumentar las ventas.

Algunos de los desafíos presentes y futuros que se le presentan a la cadena de suministros son (Carroll, 2010):

- La contención de costos: el rápido y constante cambio convierte a este punto en uno de los principales desafíos de cara al futuro para los gerentes de las cadenas de abastecimiento.
- Visibilidad: se hace necesario mantenerla desde el origen de las materias primas hasta el destino final en el cliente.
- Clientes: hay que saber escuchar al cliente y ajustar la oferta a la demanda.
- Gestionar los riesgos: debe ocupar un lugar prioritario en la gestión de los responsables de las cadenas de suministros.

- Globalización: hasta ahora se ha manifestado más como un aumento de los ingresos que como una contención de los costos. Para revertirlo es necesario lograr una mayor integración y optimización a lo largo de toda la cadena global.

2.2. Trazabilidad

Desde 1963 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), mantienen conjuntamente el Codex Alimentarium en el cual se define trazabilidad -en la norma CAC/GL 60-2006 (2012)- como “la capacidad para seguir el desplazamiento de un alimento a través de una o varias etapas especificadas de su producción, transformación y distribución” (p. 1).

La United Nations Global Compact (2014) define trazabilidad como:

La capacidad para identificar y rastrear la historia, distribución, ubicación y aplicación de productos, piezas y materiales, para garantizar la confiabilidad de los reclamos de sostenibilidad, en las áreas de derechos humanos, trabajo (incluyendo salud y seguridad), el medio ambiente y la lucha contra la corrupción. (p. 6)

El United States Department of Agriculture, National Agricultural Library (USDA), en el NAL Thesaurus (2014), define trazabilidad como un proceso de control del producto desde el origen de la producción hasta el consumidor final.

En este trabajo se sigue el concepto de trazabilidad dado por la ISO 8402 (1994), en el que trazabilidad es la aptitud de reconstruir la historia, el uso o la localización de un producto por medio de identificaciones registradas. En la ISO 9000 (2000) y en la ISO 22005 (2007) se da una definición menos específica, donde da cuenta de la capacidad de rastrear la historia, aplicación o localización de aquello bajo consideración.

Con la trazabilidad se puede visualizar la historia completa de un producto y seguir su camino a lo largo de toda la cadena de suministros hasta llegar al cliente. De la misma manera el cliente puede conocer desde dónde proviene el producto, por qué manos pasó,

quién intervino, quién controló, cuándo y dónde se elaboró o se envasó y toda la información pertinente y necesaria para llegar hasta el origen de este. La trazabilidad, por tanto, se da en ambas direcciones.

Los mismos principios de trazabilidad se aplican a los componentes o materias primas que forman parte o fueron utilizados en el producto final. Leo Bonnani (2011), da el ejemplo de una canasta de tomates californianos cuya cadena de suministros la integran siete países distintos y la importancia que tiene para la empresa conocer el origen de sus materias primas. La historia de estos componentes está intrínsecamente relacionada con la del producto en su conjunto. Una materia prima adulterada o que simplemente no puede ser correctamente rastreada hasta su origen, afecta la credibilidad completa del sistema. Se debe garantizar la seguridad de toda la información que conforma la base de datos, la inmodificabilidad de la misma y los permisos de acceso solo a aquellas personas u organizaciones autorizadas.

Las principales razones para invertir en un sistema de trazabilidad son comerciales, productivas, sanitarias, de control y de fiscalización. Se nombran las más importantes (Civeira, 2004):

- Brindar mayor seguridad al consumidor.
- Mejorar la competitividad agregando valor mediante la identificación del origen del producto y potenciando la posibilidad de abrir nuevos mercados.
- Nueva estrategia de marketing, especialmente enfocada al público consumidor de alto poder adquisitivo.
- Utilizar la trazabilidad como herramienta para la apertura de nuevos mercados internacionales.
- Es una herramienta para ajustar las materias primas para la producción.
- Conseguir el aseguramiento de la calidad del producto.
- Es un requisito para obtener certificaciones sobre la cadena de producción de un producto.

- Controlar que no se introduzcan productos de origen desconocido o ilegal a la cadena de suministros.
- Controlar que los productos no se desvíen de su camino a lo largo de la cadena de suministros hacia destinos desconocidos o ilegales.
- Evitar que productos adulterados puedan llegar hasta el consumidor final.
- Facilitar a los organismos de control impositivo su tarea de fiscalizar los productos comercializados.
- Un sistema de trazabilidad es una fuente inagotable de información para una base de datos y partiendo de ella, elaborar estrategias de marketing, producción y comercialización.
- Conocer la historia del producto refuerza la confianza entre los interesados de una cadena de suministros.

2.3. Cadena de Suministros de Precusores Químicos

2.3.1. Precusores Químicos

El Manual de Procedimientos del Registro Nacional de Precusores Químicos (RenPre, 2014a) da la siguiente definición de precusores químicos: “Sustancias o productos químicos autorizados y que por sus características o componentes puedan servir de base o ser utilizados en la elaboración de estupefacientes” (p. 7).

Según el manual publicado por la Subsecretaría de Lucha contra el Narcotráfico (2017):

Se denominan Precusores Químicos a las sustancias químicas que están presentes en productos de uso cotidiano, siendo lícita su utilización con fines industriales, farmacéuticos y científicos. Si bien no son estupefacientes, frecuentemente se desvían de su curso legal y se utilizan para la elaboración ilícita de distintos tipos de drogas. (p. 6)

Se debe tener en cuenta que en este trabajo el concepto de **sustancia química controlada** es sinónimo de **precursores químicos**.

Siguiendo el manual de la Subsecretaría de Lucha contra el Narcotráfico (2017), los precursores químicos se almacenan en distintas clases de envases separados según su tipo (ácidos, bases, etc.) y en lugares alejados entre sí para reducir el riesgo de reacciones químicas y accidentes, pudiendo almacenarse en zonas subterráneas. Los envases más frecuentes son barriles metálicos o plásticos, bidones de acero, de fibra o de polietileno, cajas y cubetas de acero, recipientes cilíndricos, sacos, frascos color ámbar y damajuanas de vidrio.

2.3.2. Desafíos de la Cadena de Suministros de Precursores Químicos

Los productos que circulan y se negocian a lo largo de esta cadena de suministros son sensibles. La pérdida o adulteración de cualquiera de ellos puede acarrear graves consecuencias para la seguridad y la salud de la población y de los trabajadores que operan con ellos. Esta cadena de suministros en particular se destaca porque sus productos son requeridos en el mercado ilegal para la elaboración de estupefacientes. Este es el desafío que se debe resolver y que otras cadenas de suministros, como la de los alimentos o autopartes no tienen (aunque seguramente tengan otras particularidades). Por estas razones la trazabilidad completa y en tiempo real resulta muy importante y se la considera como el principal desafío que enfrenta esta cadena de suministros.

Poder realizar correctamente la trazabilidad de las sustancias químicas controladas a lo largo de toda la cadena de suministros de precursores químicos es el objetivo que se busca alcanzar con la implementación de un sistema de trazabilidad, pues resulta importante poder conocer el origen y destino del producto, evitar irregularidades en la distribución y ayudar a darle seguimiento a los productos facilitando la tarea de la justicia, las fuerzas de seguridad del estado y los entes reguladores.

El tiempo de respuesta ante un evento determinado resulta una variable muy sensible y el segundo importante desafío de la cadena. Al tratarse de sustancias que mal manipuladas

o utilizadas pueden resultar peligrosas, detectar en tiempo real cualquier desvío o situación irregular con un lote de productos puede marcar la diferencia entre resolver el problema o lamentar las consecuencias.

Finalmente, y no menos importantes, están los desafíos que representa la visibilidad y la transparencia de las operaciones y transacciones realizadas por los distintos actores que componen la cadena. Mayor visibilidad y transparencia permiten un control más eficiente y efectivo de parte de las autoridades.

2.4. Cadena de Bloques

2.4.1. Cadena de bloques como tecnología disruptiva

Bitcoin y la tecnología de cadena de bloques podrían ser el siguiente cambio tecnológico disruptivo y el próximo paradigma computacional a nivel mundial por su capacidad de sumar una capa de descentralización a Internet (Swan, 2015). Siguiendo a Swan (2015), se identifican cinco grandes paradigmas en la computación moderna, a razón de uno por década. Comenzando por las mainframes de la década del '70, la PC de escritorio en los '80s, la irrupción de Internet en los '90s y la tecnología móvil, las redes sociales y la computación en la nube en el advenimiento del nuevo siglo, todos estos cambios de paradigma trajeron con ellos un innegable impacto en la vida diaria de las personas y organizaciones. Actualmente vemos como nuevos modelos de negocio surgen alrededor de Internet y reemplazan a los viejos.

La cadena de bloques cambia la forma de relacionarse persona-a-persona, máquina-a-máquina y persona-a-máquina. Un nuevo mundo de oportunidades se abre para el intercambio de servicios, de pagos y de micro pagos entre dispositivos. Del Internet de la Información estamos pasando al Internet del Valor, donde lo que se intercambia no es ya solamente datos sino activos reales, tangibles e intangibles, que cuenten con su correspondiente huella identificadora en el mundo digital. Solo basta transferir el valor hash¹ que identifica unívocamente al activo en la cadena de bloques, al cual se le añade un

¹ **Valor Hash:** Una función hash transforma una serie de valores que se le pasan como parámetro de entrada y los convierte en una cadena de caracteres generalmente de rango fijo conocida como valor hash.

timestamp² para que la transferencia de la posesión del bien se haga efectiva y quede registrado en qué momento se realizó la operación.

2.4.2. Definición

La tecnología de la cadena de bloques fue creada con un propósito específico: ayudar a los usuarios a realizar transacciones sin necesidad de la asistencia de un tercer actor que medie entre las partes intervinientes, limitando los retrasos y los sobrecostos que esto introduce en la operación (Alton, 2016). La Fundación Ethereum (2018) da la siguiente definición: “Una cadena de bloques es una base de datos transaccional³ globalmente compartida”. Esta tecnología permite a los participantes de la red mantener un registro de transacciones seguro y permanente sin la necesidad de una autoridad central (Milani, García-Bañuelos, y Dumas, 2016).

En este punto, y siguiendo a Eric Wall y Gustaf Malm (2016), hay que hacer una distinción entre la tecnología llamada libro de contabilidad distribuido y la definición de cadena de bloques. El primer concepto refiere a cualquier base de datos distribuida y orientada por consenso que graba información en un libro compartido mientras que la cadena de bloques es un tipo específico de libro de contabilidad distribuido (del inglés distributed ledger) cuya principal característica es que la información se va agrupando en bloques, los cuales se van enlazando uno a continuación de otros y formando así una cadena de datos. En la misma línea, Crosby, Nachiappan, Pattanayak, Sanjeev, y Kalyanaraman (2016) dicen que “una cadena de bloques es esencialmente una base de datos distribuida o libro mayor (del inglés public ledger) de todas las transacciones ejecutadas y compartidas por las partes participantes” (p. 8).

La cadena de bloques es una base de datos distribuida⁴ que registra bloques de información y los entrelaza, mediante técnicas criptográficas seguras, para facilitar la

2 **Timestamp:** Una serie de caracteres que denotan la hora y la fecha en la que ocurrió un determinado evento.

3 **Base de Datos transaccional:** Es un sistema de administración de bases de datos con la capacidad de realizar un roll back sobre una transacción u operación de base de datos si no se completa adecuadamente.

4 **Base de Datos distribuida:** Es una base de datos que no está completamente almacenada en una única localización física, sino que está dispersa en una red de computadoras interconectadas (ATIS, 2001, p. 1).

recuperación de la información y verificar que no se han modificado (Wüst y Gervais, 2017). Sencilla en su redacción y precisa en contenido, es la definición que se sigue en este trabajo.

Cuando se dice que la cadena de bloques está orientada por consenso, se refiere al proceso por el cual los participantes llegan a un acuerdo sobre el estado de la información (Wall y Malm, 2016) y cada red implementa su propio protocolo de consenso o utiliza alguno ya existente. Back et al. (2014) hablan de una colección ordenada de bloques, sobre los que todos los usuarios eventualmente llegarán a un consenso. Deloitte (2016) profundiza más sobre esta característica cuando afirma que el protocolo de la cadena de bloques permite a múltiples partes que no se conocen ni confían entre sí, establecer un consenso sobre el estado y los cambios hechos a una base de datos compartida. Cada transacción queda registrada en esta base de datos distribuida y es verificada por consenso de una mayoría de los participantes del sistema (Crosby et al., 2016).

2.4.3. Conceptos básicos

Nodo: Es una computadora conectada a la Red Bitcoin, o a otra Red que implemente una cadena de bloques, usando un software cliente que realiza la tarea de validar y retransmitir la transacción (Swan, 2015). En una red existen dos tipos de nodos participantes:

- **Escritores:** es una entidad que corresponde a un participante que está involucrado en la verificación del protocolo de consenso, es un validador. Está habilitado a acumular transacciones dentro de un bloque y sumar este bloque a la cadena de bloques.
- **Lectores:** es cualquier entidad que no amplía la red, pero participa del proceso de creación de transacciones leyendo, analizando o auditando la cadena de bloques.

Tipología de Cadena de Bloques: Las redes de la cadena de bloques pueden ser abiertas o cerradas (Wüst y Gervais, 2017).

- Las redes abiertas son descentralizadas, como la red de Bitcoin o la red de Ethereum, y cualquier usuario puede ingresar y salir sin restricciones. No hay ninguna autoridad central que regule, controle o elimine a los usuarios. Todo el contenido puede ser leído desde cualquier punto de la red. En general estos proyectos suelen ser de código abierto y tienen una comunidad importante de programadores e interesados colaborando activamente en su desarrollo (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016).
- En las redes cerradas existe una autoridad central que administra los permisos de acceso, lectura y escritura sobre la cadena de bloques. Es posible otorgar a los usuarios distintos grados de acceso a la información en relación a su jerarquía dentro de la organización. Hyperledger Fabric y R3 Corda son las redes privadas más difundidas (Gendal Brown, Carlyle, Grigg, y Hearn, 2016). Una cadena de bloques cerrada puede utilizar un protocolo de consenso para determinar el estado actual de la cadena o designar un administrador o grupo de participantes para que cumplan esta función (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016). Dentro de las redes cerradas podemos diferenciar entre las redes privadas, propias de una única entidad, y aquellas en las que participan más de una organización conocidas como redes de consorcio o comunidad (Xu et al., 2016).

Bloques: Un bloque es una estructura de datos que almacena una lista de transacciones, que contiene una marca de tiempo y un enlace al bloque previo en la cadena de bloques. Estos bloques se van agregando uno a continuación del otro, conformando una cadena de bloques ordenada cronológicamente. De esta manera el último bloque agregado a la cadena siempre contendrá el grupo de transacciones más recientes. La función esencial de la cadena de bloques es "...organizar la información, datos y contenido de las transacciones de forma que estos no sean duplicados o manipulados, mientras permanecen confiables, precisos, actualizados e inmediatamente verificables" (Alton, 2016, p. 3). Las transacciones son creadas por los usuarios de la cadena de bloques.

Mecanismos de Consenso: Al no existir una autoridad central en la cadena de bloques, resulta imperativo encontrar un método por el cual todos los participantes de la red puedan

ponerse de acuerdo sobre la validez o no de una transacción y el estado de la cadena de bloques. Para conseguir este acuerdo están los protocolos de consenso. Estos están diseñados para lograr confiabilidad en una red que involucra múltiples nodos no confiables (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016).

El protocolo de consenso más frecuentemente utilizado y que cuenta con el mayor grado de madurez al día de hoy es el conocido como Prueba de Trabajo, del inglés Proof of Work (PoW). Este protocolo es el que gestiona el consenso en las principales cadenas de bloques como Bitcoin y Ethereum. Bitcoin utiliza el algoritmo SHA 256 en su protocolo PoW mientras que otras redes pueden utilizar otros diferentes como por ejemplo Litecoin que se vale del algoritmo criptográfico Scrypt (Litecoin Wiki contributors, 2018) o Ethereum que usa el algoritmo Ethash (Wood, 2018). El gasto de energía que conlleva la red Bitcoin es del orden estimado de 61.4 TWh, equivalente al 1,5% de la electricidad consumida en los Estados Unidos lo que constituye un obstáculo para lograr un desarrollo sustentable en el futuro (Lee, 2018).

Otro importante protocolo es el de Prueba de Participación, del inglés Proof of Stake (PoS), el cual ha sido presentado como superador del PoW pero que al día de la fecha no ha logrado ser aplicado con éxito en alguna de las grandes cadenas de bloques actuales, aunque sí ha habido pruebas de diferentes variantes de PoS en algunas redes menores como Peercoin o Decred. Ethereum se encuentra en pleno desarrollo del algoritmo Casper sobre el que se hablará en el inciso 2.5.5.

Sistema de Tokens (Buterin, 2014): Los sistemas de tokens tienen muchas aplicaciones, desde sub-monedas que representan activos tangibles o intangibles hasta los tokens que representan el valor de una propiedad inteligente como una casa, un automóvil o un grupo de acciones de Bolsa. Se usan como premio para incentivar la participación en el proceso de consenso de una cadena de bloques. La lógica de un sistema de token está controlada por un contrato inteligente o grupo de contratos La Red Ethereum es la plataforma con mayor desarrollo de tokens., ERC20 es el estándar técnico de los contratos inteligentes en la cadena de bloques de Ethereum para la implementación de tokens.

Propiedad Inteligente: Un concepto relacionado a la cadena de bloques y al Internet de las Cosas es el de Propiedad Inteligente (del inglés Smart Property). Este término se aplica a un activo o dispositivo cuya propiedad es gestionada mediante la cadena de bloques. Esto permite mantener un registro de propiedad sobre un conjunto de bienes que pueden ser físicos como un auto, una casa o un bidón de agroquímicos o no-físicos como un testamento, las acciones de una empresa o una receta farmacéutica. Se puede tener así un registro distribuido sobre quién tiene la propiedad de un bien determinado en un momento específico.

2.4.4. Propiedades de la Cadena de Bloques

Aunque muchas presentan características particulares, las principales propiedades de la cadena de bloques son (Wüst y Gervais, 2017):

- Verificabilidad pública / consenso distribuido: cada transición de estado es confirmada por los verificadores, que son los mineros de la red. Cualquier observador puede verificar que el estado de la red fue cambiado acorde al protocolo y todos tendrán la misma visibilidad sobre toda la red.
- Transparencia: es un requerimiento para la verificabilidad de los datos y el proceso de actualización del estado de la red.
- Privacidad: el grado de privacidad de las transacciones y los datos de los usuarios varía desde el anonimato casi total de las redes Zcash y Monero hasta la mayor exposición a que se ven expuestas en redes como la de Bitcoin.
- Almacenamiento off-chain (Xu et al., 2016): En la cadena de bloques se pueden guardar meta data públicamente accesible y mantener los datos fuera de la cadena de bloques. Por ejemplo, se puede guardar un hash de los datos de un usuario dentro de la cadena que sea un enlace hacia los datos crudos que estarán resguardados fuera de la misma. De esta forma un participante de la cadena de bloques tendría acceso al enlace, pero no a los datos.

- **Integridad:** se consigue cuando la información es protegida de modificaciones no autorizadas. La integridad se asegura mediante la verificabilidad pública en una red abierta o es proporcionada por una entidad central en una red privada.
- **Redundancia:** en una red pública es inherente al sistema al replicarse la información en todos los nodos que la integran.
- **Irreversibilidad:** una vez completa la transacción, no hay forma de volverla atrás.

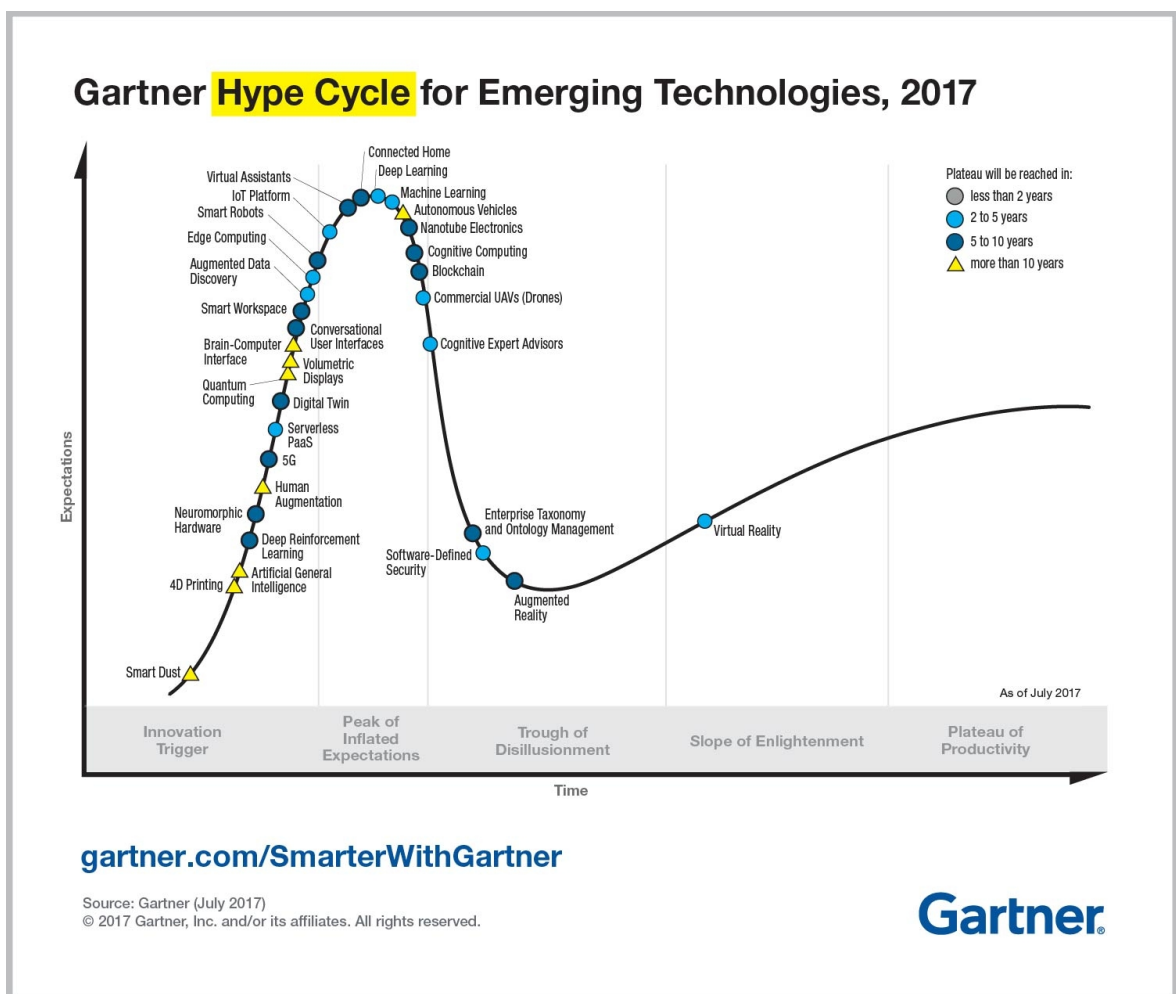
2.4.5. Desafíos y Limitaciones de la Cadena de Bloques

La tecnología de la cadena de bloques es innovadora y presenta riesgos reales de adopción. Entre los más importantes se identifican los siguientes:

- Existe una tensión entre privacidad y transparencia, pues a mayor privacidad menos transparencia y viceversa. Las redes públicas no pueden garantizar la privacidad de los datos, cualquiera puede unirse sin necesidad de permiso y todos los datos son visibles para los participantes, mientras que las redes cerradas son más apropiadas para garantizar la privacidad ya que los participantes deben ser previamente autorizados para unirse (Xu et al., 2016). Las redes cerradas presentan actualmente un mayor grado de desarrollo ya que resulta más sencillo gestionar la privacidad y los permisos en el entorno de una red cerrada y con acceso a un número limitado de miembros de confianza (Ream et al., 2016).
- El problema de latencia es particularmente importante pues los bloques pueden tardar varios minutos en pasar por el proceso de consenso de la red e incluirse en la cadena de bloques (Ream et al., 2016). Este desafío es uno sobre los que más se ha avanzado, nuevas plataformas como Stellar realizan y confirman sus operaciones en pocos segundos (Mazières, 2016).
- Las bases de la tecnología están sostenidas por la fortaleza de las claves criptográficas las cuales son seguras mientras nadie tenga un poder de cálculo mayor que el conjunto del resto de participantes de la red.

- En la curva de Gartner del Gráfico 1 (Gartner, 2017) se puede ver que la Cadena de Bloques o Blockchain se encuentra en la parte de la curva que marca la desilusión con la tecnología. La imposición de regulaciones por parte de agencias gubernamentales puede acelerar la adopción de la tecnología al generar mayor confianza en las industrias y reducir la resistencia al cambio (Crosby et al., 2016).
- Como se mencionó previamente, el gasto de energía de la red Bitcoin es excesivamente alto y resulta un cuello de botella importante a la hora de plantear la implementación de la tecnología a gran escala.

Gráfico 1. Ciclo de Sobre expectativa de las Tecnologías Emergentes de Gartner, 2017.



2.4.6. Criptomonedas y Bitcoin

La Primera Generación de Cadenas de Bloques es un libro de contabilidad distribuido para transacciones monetarias, capacidad para almacenar y transferir datos, pero con capacidades muy limitadas para soportar operaciones programables (Xu et al., 2016). Bitcoin es la primera y más ampliamente difundida implementación de esta generación de la cadena de bloques.

La idea originaria de las criptomonedas se basa en un texto titulado B-money, donde se lo describe como un sistema distribuido de dinero electrónico (Dai, 1998). En 2005, Hal Finney desarrolló el concepto de Pruebas Reutilizables de Trabajo, que combinaba ideas de B-money junto con los rompecabezas computacionalmente difíciles de romper de Adam Back de tipo Hashcash (Buterin, 2013). B-money y las Pruebas Reutilizables de Trabajo no fueron más allá del papel y hubo que esperar hasta la aparición de Bitcoin, en el año 2008, para su pleno desarrollo.

Satoshi Nakamoto (2008), pseudónimo usado por el/los creadores de Bitcoin, da la siguiente definición:

Definimos una moneda electrónica como una cadena de firmas digitales.
Cada dueño transfiere la moneda al próximo al firmar digitalmente un hash de la transferencia previa y la clave pública del próximo dueño y agregando estos al final de la moneda. (p. 2)

Hillborn y Tillström (2016) dan la siguiente definición: “Las criptomonedas son una forma de dinero digital que se basa en la criptografía para su seguridad” (p. 1) y que va en contraposición a aquellos sistemas de transacciones que canalizan sus operaciones por intermedio de una autoridad central de confianza cuyo rol es validar, salvaguardar y preservar las operaciones. Esto provoca un aumento en los costos de estas transacciones.

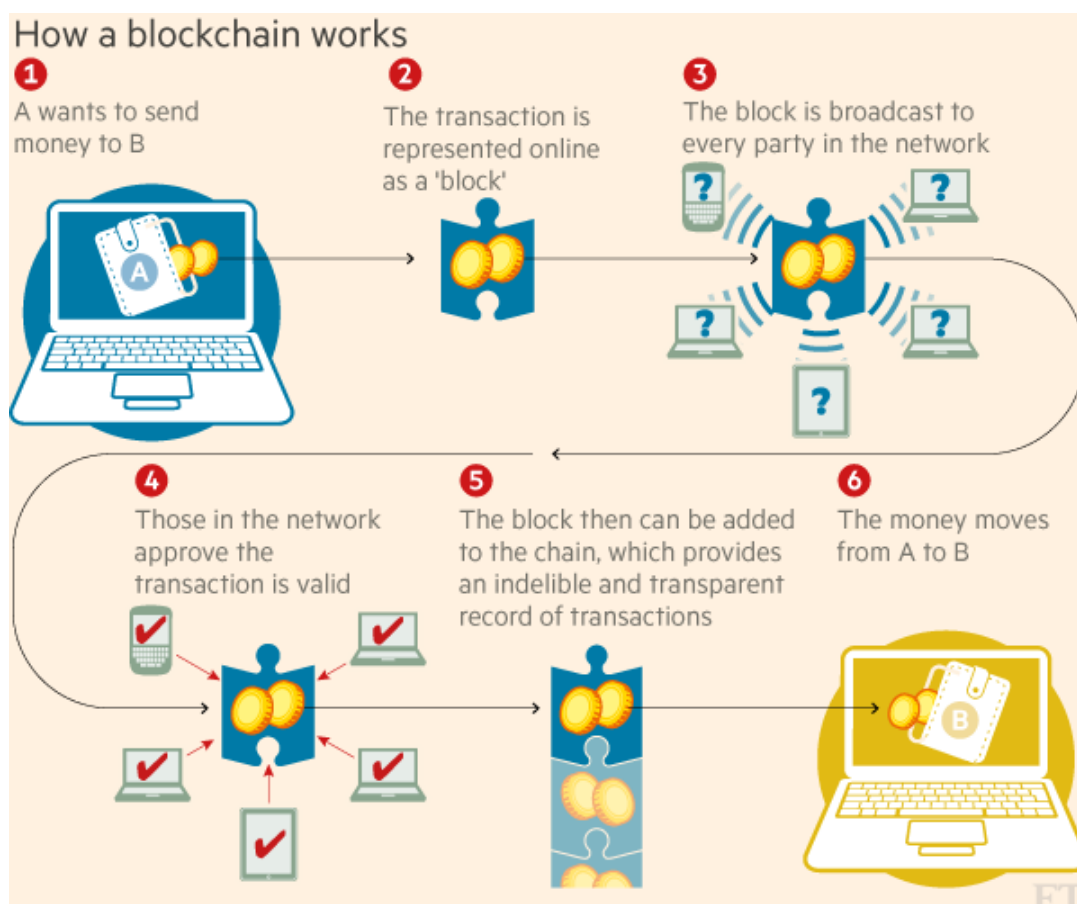
Bitcoin es dinero digital que es negociado a través de Internet (Swan, 2015). Bitcoin es el primer ejemplo de un activo digital sin valor intrínseco y sin una autoridad emisora central. Es una versión punto a punto de dinero electrónico que permite que las transacciones electrónicas entre dos partes puedan ser realizadas sin necesidad de un

intermediario. La terminología utilizada puede ser confusa ya que Bitcoin se refiere a tres conceptos distintos. El primero que mencionamos hace referencia a la moneda digital y es el concepto con que se lo asocia con más frecuencia. Sin embargo, Bitcoin es también el nombre del protocolo implementado sobre el que está programado y es también el nombre de la plataforma a la que los usuarios nos sumamos para participar en el intercambio del dinero digital (Swan, 2015). La comunidad Bitcoin ha venido usando estos términos sin aclarar los mismos y complicando la comprensión de la tecnología, ya de por sí compleja, para el público en general.

Sin embargo, posiblemente el aporte más importante de Bitcoin es la tecnología subyacente conocida como cadena de bloques. A continuación, se detalla como implementa Bitcoin los principales conceptos de la cadena de bloques vistos en el punto anterior. Esta cadena está en constante crecimiento a medida que los bloques, en los que van quedando registradas todas las transacciones, desde la primera registrada en el bloque *génesis* hasta la más reciente, se van sumando uno a continuación del otro. Bitcoin combina la gestión de la propiedad a través de una clave pública más el algoritmo de consenso PoW en lugar del modelo basado en un intermediario de confianza tradicional en el comercio electrónico (Buterin, 2013). No es un protocolo basado en el anonimato, sino en el uso de pseudónimos representados por un par de claves público-privada (Swan, 2015). Cada transacción es firmada digitalmente por medio de una clave privada (del inglés *private key*) y enviada a la dirección pública (del inglés *public key*) del destinatario. Cada operación es emitida a cada nodo de la red Bitcoin y luego grabado en la cadena de bloques. Cada transacción debe ser previamente verificada antes de registrarse en la cadena de bloques, mediante la firma digital se verifica que quién envía la transacción sea efectivamente el dueño de los bitcoins y que este tenga la cantidad suficiente en su cuenta. Para esto se deben verificar todas las operaciones previas realizadas desde y hacia esa cuenta ya que no existe el concepto de *balance de cuenta* en la cadena de bloques. Pero tratándose de una red con una gran cantidad de operaciones simultáneas, se plantea el problema de cómo distinguir el orden de estas y cómo evitar el doble-gasto. Bitcoin resolvió este problema agrupando las transacciones en bloques de transacciones y enlazándolos cronológicamente uno a continuación del otro mediante un hash al bloque anterior formándose así una cadena

de bloques. Cualquier nodo de la red puede crear un bloque y emitirlo al resto de la red, así múltiples bloques pueden ser creados simultáneamente en distintos puntos de la red. En el Gráfico 2 (Financial Times, 2016) se resume visualmente el procedimiento de inclusión de un nuevo bloque a la cadena.

Gráfico 2. Cómo funciona la Cadena de Bloques.



El mecanismo de la prueba de trabajo proporciona un algoritmo simple de consenso que permite a los nodos de la red ponerse de acuerdo en las actualizaciones de estado de la cadena de bloques y resuelve el problema de decidir quién puede influir en ese consenso al tener el nodo un poder de voto proporcional a su poder de cálculo (Buterin, 2013). Para

decidir qué bloque será incluido en la cadena, cada bloque debe contener la solución de un puzle matemático. Este problema matemático no es trivial y requiere gran poder de cómputo, la dificultad de resolución se va autoincrementando con el objetivo de mantener un lapso de tiempo de 10 minutos entre cada inclusión de un nuevo bloque a la cadena. Los nodos encargados de brindar el poder de cómputo necesario para incluir los bloques y hacer funcional la red son conocidos como nodos mineros y reciben una recompensa en bitcoins por su trabajo. Esta recompensa proviene de dos fuentes distintas; la primera es una comisión aportada por cada transacción incluida en el bloque y la segunda y principal fuente de ingresos para los mineros es un premio otorgado por la red. Esta actividad es la que se conoce popularmente como minería de bitcoins. La segunda forma de recompensa es decreciente en el tiempo y sólo será viable hasta que se alcance la cifra de 21 millones de bitcoins en circulación; a la fecha actual se han minado un estimado de 16 millones de bitcoins. Una vez alcanzado el punto donde no hay más recompensa por parte de la red, estimativamente entre los años 2032 y 2034, las futuras recompensas de los mineros saldrán exclusivamente de las comisiones de las transacciones lo que encarecerá las mismas.

2.5. Contratos Inteligentes

2.5.1. Definición

La Segunda Generación de Cadenas de Bloques están constituidas por una plataforma programable con un libro de contabilidad distribuido para almacenar los resultados computacionales (Xu et al., 2016). Los contratos inteligentes fueron introducidos como programas autónomos que contienen transacciones programables, condiciones y lógica para realizar las operaciones que requiera el negocio. Ethereum es la plataforma más desarrollada y difundida de la Segunda Generación de la Cadena de Bloques.

Un contrato es un conjunto de promesas acordadas entre dos partes y es la forma tradicional de formalizar una relación (Szabo, 1997). Mientras que la idea de los contratos inteligentes fue formulada hace dos décadas por Nick Szabo, cuando anunciaba que: “Los contratos inteligentes combinan protocolos con interfaces de usuario para formalizar

relaciones seguras sobre redes de computadoras” (Szabo, 1997, p. 1), no fue hasta la aparición de las criptomonedas, con Bitcoin a la cabeza (Nakamoto, 2008), que se pudo empezar a pensar en implementar los contratos inteligentes sobre una plataforma digital (Hillborn y Tillström, 2016).

Bitcoin fue la primera red basada en una cadena de bloques (Nakamoto, 2008). Sin embargo, esta tecnología tiene una gama amplia de aplicaciones que puede desplegar. Una de ellas es el contrato inteligente, que según Erik Hillbom y Tillström (2016), es “...el concepto de un protocolo de computadora que facilita un acuerdo entre diferentes partes” (p. 1).

Deloitte (2016) afirma que los contratos inteligentes son el siguiente paso en la evolución de la cadena de bloques como un protocolo de transacciones financieras a una utilidad multipropósito y define al contrato inteligente como: “código autoejecutable que implementa automáticamente los términos de un acuerdo entre dos partes” (p. 1). En el mismo sentido, Crosby et al. (2016) da la siguiente definición: “Los contratos inteligentes son básicamente programas de computadoras que pueden ejecutar automáticamente los términos de un contrato” (p. 8).

El BBVA Research (2015) se refiere al contrato inteligente como a un:

...contrato que se ejecuta por sí mismo automáticamente sin que medien terceros entre los participantes individuales... los contratos inteligentes son scripts modulares, repetibles y autónomos que normalmente se ejecutan en una cadena de bloques y representan promesas unilaterales de proporcionar una tarea informática determinada. (p. 1)

En resumen, son programas informáticos que permiten formalizar acuerdos y transacciones entre desconocidos sin necesidad de un intermediario y que están guardados en una dirección específica de la cadena de bloques determinada al momento de implementar el contrato. En el instante en el que se produce un evento contemplado en el contrato, se envía una transacción a esa dirección y se ejecutan las cláusulas contempladas en el mismo con pocos riesgos de errores y o manipulación (Ream et al., 2016). El acuerdo

es autoejecutable y no puede ser forzado, modificado o detenido unilateralmente por ninguno de los participantes.

2.5.2. Propiedades de los Contratos Inteligentes

Para un gran número de aplicaciones, los contratos inteligentes ofrecen una variada serie de ventajas (Ream et al., 2016):

- Actualizaciones rápidas y en tiempo real: los contratos inteligentes reemplazan tareas manuales por código software dando lugar a ejecuciones más rápidas y muy cercanas al tiempo real.
- Precisión: las transacciones automatizadas son menos propensas a tener errores.
- Menor riesgo de ejecución: prácticamente se elimina el riesgo de manipulación, baja performance o errores al ser las transacciones ejecutadas por la red.
- Menos intermediarios: los contratos inteligentes permiten eliminar intermediarios muchos de los cuales solo cumplen la función de autenticar las partes que intervienen en una transacción a cambio de quedarse con toda la información de la operación y los participantes y una comisión sobre el servicio brindado.
- Menores costos: los procesos de negocio implementados con contratos inteligentes requieren menos intervención humana e intermediarios, y por lo tanto, costos menores.
- Nuevos modelos de negocios: los contratos inteligentes posibilitan una nueva forma de relación entre las organizaciones y las personas. Nuevos modelos de negocio surgen a partir del contacto directo entre las partes y la confianza en la seguridad brindada por la cadena de bloques.

2.5.3. Desafíos y limitaciones de los Contratos Inteligentes

La aplicación de los contratos inteligentes presenta algunos desafíos propios de una tecnología que se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo y que deberán ser tenidos en cuenta por una organización al momento de decidir encarar una migración de su modelo tradicional de negocio a uno nuevo basado en cadena de bloques y contratos inteligentes:

- Las plataformas de contratos inteligentes no han logrado hasta el momento dar el salto de escalabilidad necesarios para soportar procesos de negocios globales como por ejemplo los de las tarjetas de crédito (Ream et al., 2016). Ethereum procesa 11,5 transacciones por segundo (Buterin, s. f.) y en redes cerradas se realizan hasta 366 transacciones por segundo (Xu et al., 2016), muy lejos de las 47000 de VisaNet (Boroujerdi y Wolf, 2015),
- Todavía están en una etapa temprana de investigación y desarrollo los casos de uso que relacionen activos reales con la cadena de bloques (Ream et al., 2016).
- Su poca flexibilidad limita sus funciones al código preestablecido en un principio. Si se quieren agregar o modificar condiciones se deberá realizar un nuevo contrato inteligente (BBVA Research, 2015).
- Lenta adopción por parte de personas y empresas (BBVA Research, 2015).
- La responsabilidad legal en torno a ellos y la dificultad que enfrentan los tribunales al momento de hacerlos cumplir (BBVA Research, 2015). Un nuevo marco regulatorio se vuelve necesario para llevar los contratos inteligentes al mundo real de las organizaciones y los negocios (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016).
- Contrariamente a lo esperado por la comunidad de desarrolladores de contratos, estos están empezando a integrarse dentro de viejos estilos de organización en lugar de emerger en nuevas organizaciones descentralizadas (Schumpeter, 2016).
- Se enfrentan a una realidad que es distinta a la original imaginada de un software capaz de reemplazar las decisiones humanas por un contrato codificado de ejecución automática bajo circunstancias predeterminadas (Schumpeter, 2016).

2.5.4. Contratos Inteligentes y negocios

Un simple cambio tecnológico tiene un valor limitado excepto que ayude a la mejora o al desarrollo de nuevos procesos de negocios (Milani et al., 2016). La gestión de los procesos de negocios (del inglés Business Process Management) se encarga del diseño, ejecución, monitoreo, control y mejora de los procesos de negocios intra-firmas e interorganizacionales. La cadena de bloques y los contratos inteligentes tienen el potencial de modificar estos procesos al cambiar la relación existente entre las distintas áreas o departamentos de una organización o entre diferentes empresas (Mendling et al., 2018). Para William Mougayar (2016), uno de los precursores de la cadena de bloques en el mundo, la construcción de nuevas aplicaciones en la cadena de bloques implica un 80% de cambios en los procesos de negocios y un 20% de innovación tecnológica.

Los contratos inteligentes tienen numerosas áreas de aplicación y abren posibilidades de transformación en los procesos de negocios (Ream et al., 2016), habilitan las plataformas de crowdfunding⁵ sin intermediarios y las herramientas de gobierno organizacional automatizadas (Pettersson y Edström, 2016) En la industria agroalimentaria posibilita la gestión en tiempo real de las cadenas de suministro, el conocimiento de la procedencia de los alimentos, la fecha de elaboración u obtención y la innovación en las transacciones financieras, resultando todo esto en una mayor transparencia para todos los interesados (Moreno, 2016). En la industria financiera tienen varias aplicaciones prácticas: préstamos, herencias, depósitos de garantía, controles de monederos de criptomonedas y mercado de capitales (BBVA Research, 2015). En la industria energética abre un abanico de posibilidades para el comercio punta a punta de energía (Ream et al., 2016). En la salud pueden aplicarse a la investigación del cáncer y ensayos clínicos (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016) y los Emiratos Árabes Unidos se preparan para migrar todos sus registros médicos a la cadena de bloques para el año 2021 (Mazin y De Simoni, 2018).

La combinación de cadenas de bloques y la Internet de las Cosas brinda posibilidades de transformación en muchas industrias y modelos de negocios (Christidis y Devetsikiotis, 2016). IBM viene llevando adelante con éxito pruebas con su solución IBM Watson IoT

⁵ **Crowdfunding**: Es la financiación colectiva de un proyecto a través de Internet, típicamente recaudando pequeños montos de dinero entre mucha gente.

Platform que permite a los dispositivos IoT enviar datos e invocar transacciones de contratos inteligentes de la IBM Blockchain Platform (Pettersson y Edström, 2016). La iniciativa Chains of Things busca resolver los problemas a los que se enfrenta la Internet de las Cosas y sus millones de dispositivos mediante la integración con la cadena de bloques y los contratos inteligentes⁶.

Aunque no se pudo hallar referencias bibliográficas sobre la implementación de contratos inteligentes y cadenas de bloques para la industria de los precursores químicos específicamente, constituyendo este trabajo una novedad en el tema, existe una empresa pionera en esta tecnología, la startup Skuchain, radicada en Mountain View (California). Se muestra convencida de que el futuro del comercio mundial será colaborativo y que la cadena de bloques permitirá conectar entre sí a compañías y consumidores de diferentes países y culturas. Skuchain utiliza contratos inteligentes criptográficamente seguros en todas las fases de los acuerdos comerciales y trabaja con un fuerte equipo de empresarios de Stanford, MIT, Berkeley y la Universidad de Pensilvania. Su misión consiste en ayudar a las empresas a liberarse de la complejidad y los altos costes de las cadenas de suministro globales (Moreno, 2016). La compañía Provenance está desarrollando una plataforma para la trazabilidad de productos, la cual comenzó a ser testeada a finales de 2016 por la cadena de supermercados inglesa Co-Operative Food Group (Moreno, 2016). Farm Share y Full Profile son otras compañías que han comenzado a implementar esta tecnología en sus cadenas de producción (Moreno, 2016).

Como ejemplo práctico de un producto real, la zapatilla *Phase 1 Stars and Stripes* de la compañía Reebok, se convirtió en el primer calzado deportivo en estar almacenado en la cadena de bloques de Ethereum (Moreno, 2016). Cada par de zapatillas cuenta con una etiqueta inteligente y contiene un chip con una huella digital única e infalsificable. De esta manera el cliente puede escanear la etiqueta con su teléfono celular y saber en tiempo real la procedencia de su producto. Incluso si este usuario vende el calzado en el futuro, esto se reflejará en la etiqueta al quedar registrado en la red de Ethereum.

⁶ <https://www.chainofthings.com/>

2.5.5. Ethereum

Ethereum es una plataforma abierta que permite a cualquier persona crear y utilizar aplicaciones descentralizadas que se ejecutan sobre su cadena de bloques. Ethereum es programable y a diferencia de Bitcoin, les permite a los usuarios crear sus propias operaciones (Buterin, 2013). Sobre esta plataforma pueden correr todo tipo de aplicaciones descentralizadas y no únicamente aquellas dedicadas a las transacciones de criptomonedas. Es una red internacional punto a punto de nodos públicos en la que los participantes guardan y ejecutan programas embebidos en una máquina virtual. La Ethereum Virtual Machine (EVM) es el ambiente en tiempo de ejecución para los contratos inteligentes en Ethereum. Estos programas son ejecutados a requerimiento de los usuarios y pueden producir distintas acciones como resultado, como actualizar su estado, ejecutar otros programas o enviar valores a otros usuarios o programas (Pettersson y Edström, 2016). El lenguaje con el que se programan los contratos inteligentes en Ethereum se llama Solidity. Es un lenguaje de alto nivel cuya sintaxis es similar a JavaScript (Ethereum, 2017) y está enfocado específicamente a la EVM.

Ether es la criptomoneda de Ethereum, la cual es el elemento que hace posible la ejecución de los contratos inteligentes. Los contratos Ethereum se ejecutan en cada nodo de la red, pueden almacenar datos y criptomonedas Ether, enviar y recibir pagos en Ether y ejecutar una amplia gama de acciones programables (Moreno, 2016).

Ethereum puede ser visto como una máquina de estados basada en transacciones (Wood, 2018). Cada operación realizada sobre la red hace pasar a la red de un estado X a uno X' . Partiendo del primer bloque de la cadena o bloque génesis, cada transacción va incrementando la cadena y cambiando el estado de esta hasta llevarla al estado actual o canónico⁷. En el sistema bancario tradicional, el estado es un balance y una transacción es una solicitud para mover algún valor de la cuenta A hacia la cuenta B, mientras que la función de transición de estado reduce el valor de A y aumenta el de B por el monto de la transacción. En Ethereum, el estado se compone de objetos conocidos como cuentas, cada

⁷ Entiéndase por estado canónico al estado de la Red al que la mayoría de los nodos aceptan como válido en determinado momento.

una de las cuales posee una dirección y transiciones de estado, que pueden ser transferencias de valor o de información entre cuentas.

Actualmente existen diferentes plataformas que implementan contratos inteligentes. Ethereum es la primera y más importante de todas ellas, al ejecutar aplicaciones descentralizadas y contratos inteligentes con los cuales permite crear las historias digitales de cualquier bien físico y así satisfacer a unos consumidores cada vez más exigentes y que demandan productos que se ajusten a lo que está escrito en sus etiquetas. “Lo que Ethereum pretende es proporcionar una cadena de bloques que tenga incorporado un lenguaje de programación del tipo Turing-completo y que se pueda utilizar para crear contratos.” (Buterin, 2013, p. 2)

Son varias las mejoras que se están investigando y desarrollando para superar las principales dificultades que enfrenta la red:

- Actualmente las aplicaciones desplegadas en la red Ethereum están limitadas a aquellas con módulos de backend⁸ con una lógica de negocio computacionalmente no-intensiva y la perspectiva es que a futuro pueda correr sobre esta plataforma cualquier tipo de aplicación (Pettersson y Edström, 2016).
- Una limitación de la cadena de bloques vista previamente, es el conflicto entre privacidad y transparencia en las redes públicas. Ethereum, a través del protocolo criptográfico zk-Snarks, que ya ha sido probado exitosamente en la red de pruebas de la plataforma, proporciona el anonimato buscado en las transacciones mientras que brinda suficiente transparencia para verificar públicamente el estado de la cadena de bloques. Permite de esta forma verificar transacciones de la red sin necesidad de revelar información de cada participante particular.
- En octubre de 2017, y actualmente continuando su desarrollo, fue publicada una primera versión de Casper que se presenta como un mecanismo de consenso híbrido entre el PoW actual y el PoS buscado para el futuro. Esta mejora promete

⁸ **Backend:** Es la parte de una aplicación informática que procesa los datos y a la que no tienen acceso los usuarios comunes de un sistema.

hacer más eficiente la minería en la red, bajando el consumo general de energía causado por el PoW actualmente utilizado en la cadena de bloques.

- El éxito de Ethereum está poniendo de manifiesto otra de las importantes limitaciones de la cadena de bloques: el problema de la escalabilidad. La plataforma enfrenta un importante desafío debido a que la red está sufriendo presiones para dar respuesta a la creciente demanda de sus usuarios y la gran cantidad de proyectos y contratos inteligentes que los componen. Ethereum está en plena etapa de desarrollo de la tecnología Sharding de la cual se liberó una versión de pruebas en abril del 2018. Con Sharding los nodos, en lugar de almacenar toda la cadena de bloques, solo almacenarán una parte del registro distribuido, pero cada elemento podrá confiar en la información de los otros.

Aunque también es posible desarrollar redes privadas, la arquitectura de Ethereum en su configuración tradicional es completamente abierta y sin permisos, y al igual que en la red Bitcoin, no es posible ni necesario hacer pasar a los usuarios a través de un proceso de alta o registro para participar de la red. A pesar de esto, en casi todos los casos de uso, es necesario algún tipo de verificación de identidad, lo cual se logra mediante el mecanismo de *clave pública criptográfica*. Esta es una tecnología ampliamente utilizada con fines de autenticación y está basada en la utilización de dos pares de claves, una pública y otra privada. La primera puede ser divulgada y compartida mientras que la segunda se utiliza para firmar las transacciones y debe mantenerse siempre en secreto. Las cuentas de los usuarios en Ethereum y los contratos inteligentes están atados directamente a un par de llaves, por tanto, no es necesario registrar cuentas y solo basta con poseer las llaves correspondientes a esa cuenta para poder interactuar con los mismos.

La seguridad es un tema crucial en cualquier sistema informático. Los contratos inteligentes gestionan operaciones y custodian valores en forma de activos digitales, y en consecuencia tomar medidas de seguridad contra intentos de fraudes, robos y modificaciones no deseadas es de vital importancia para asegurar su correcto funcionamiento y su adopción en el mundo real más allá del laboratorio. Nicola Atzei

(2017) cita como principales causas de las vulnerabilidades en los contratos inteligentes y específicamente en los implementados en la red Ethereum a:

- Vulnerabilidades propias del lenguaje Solidity, principalmente por falta de comprensión de este por parte de la comunidad de desarrolladores.
- Problemas con la Ethereum Virtual Machine.
- Errores de la propia cadena de bloques de Ethereum.
- La documentación sobre vulnerabilidades conocidas se encuentra dispersa en numerosas fuentes y no está consolidada en un único repositorio de fácil acceso para los programadores.
- La dificultad en detectar los desajustes entre el comportamiento deseado y el real de un contrato.

Superadas las dificultades propias de la tecnología, el lenguaje Solidity y la plataforma Ethereum están actualmente lo suficientemente maduros para permitir el desarrollo de aplicaciones informáticas complejas. En este sentido, una de las principales innovaciones de Ethereum han sido las aplicaciones descentralizadas, más conocidas como Dapps. Ethereum define a estas aplicaciones descentralizada como “un protocolo de transmisión de datos que ejecuta los términos de un contrato o grupo de contratos sobre una cadena de bloques criptográfica” (Swan, 2015, p. 23). Solo son posibles gracias a la existencia de los contratos inteligentes sobre los que son construidas. Estas aplicaciones tienen 3 características principales (Swan, 2015):

- La aplicación debe ser de código abierto. Es una práctica estándar disponer de un repositorio en github⁹ para el proyecto.
- Los tokens no deben ser monopolizados. Debe dejarse registro de todas las operaciones en una cadena de bloques. La aplicación debe controlar la generación, distribución y utilización de su propio token y este debe tener una función real en el negocio.

⁹ Github: <https://github.com/>.

- La aplicación debe adaptar su protocolo en respuesta al feedback del Mercado y propuestas de mejoras. Todos los cambios y decisiones son obtenidas por consenso de la mayoría de los usuarios.

3. Metodología

Encaramos una investigación de tipo exploratorio y descriptivo, en tanto:

“Los estudios descriptivos buscan caracterizar y especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Registran, miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes de los fenómenos a investigar.” (Batthyány y Cabrera, 2011, p. 33).

Optamos por la utilización de técnicas cualitativas, por considerar que son las más aptas por el tipo de variables estudiadas como problemas actuales y expectativas sobre el cambio propuesto en relación a la composición de la cadena de suministros y sus costos, que pueden interpretarse desde distintas conceptualizaciones teóricas.

El tratamiento de los datos se realiza mediante un estado del arte de fuentes secundarias que desarrollan las temáticas de nuestro interés en distinto tipo de publicaciones de nivel nacional e internacional (teóricas, investigaciones e intervenciones) con una importante selección de textos de actualidad (2014-2018).

La elección de esta técnica de investigación se basa en que el estado del arte es una recopilación de white papers y de resultados de otras investigaciones que trata de establecer qué se ha hecho recientemente sobre el tema seleccionado, hasta donde se ha avanzado en ese campo en el período reseñado, que similitudes y diferencias hay entre ellas, qué aportes originales se pueden hacer, refutar o complementar mediante un análisis de tipo documental para la comprensión del problema tratado, identificar tendencias dentro del campo y a qué propuesta da lugar.

En la selección bibliográfica se han incluido: fuentes de primera y de segunda mano, entre ellas tesis y trabajos de pregrado y posgrado, artículos, white papers, libros y publicaciones científicas, memorias de Congresos (Ponencias) y revistas especializadas en el área de interés.

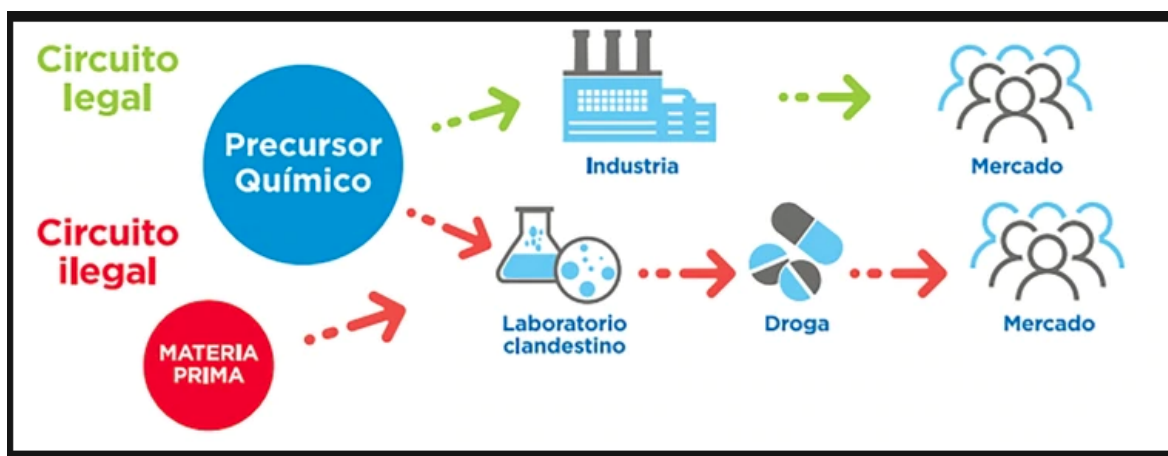
Una vez realizada la búsqueda y confeccionado el banco de referencias bibliográficas, se han seleccionado los trabajos más relevantes, en orden cronológico y de nivel internacional/nacional/local. Luego se los ha clasificado y realizado una síntesis conceptual de los ítems discriminados, para llegar al análisis comparativo de autores y variables a la luz de la interpretación de nuestro marco teórico.

En el orden práctico, se ha confeccionado una tabla donde la primera fila recopila: número de la publicación, fecha, autor/a/es, título, lugar, editorial, notas, idioma, tipo (libro, documento, tesis, website, etc.) y palabras clave. En el Anexo B se adjunta una hoja Excel con el resumen de la bibliografía estudiada.

4. Sistema Nacional de Trazabilidad de Precusores Químicos

En este capítulo se profundiza en el estudio del Sistema Nacional de Trazabilidad de Precusores Químicos, implementado por el Registro Nacional de Precusores Químicos, que es el ente gubernamental responsable de fiscalizar y hacer cumplir las normativas actualmente vigentes en el país en materia de sustancias químicas controladas. El sistema de trazabilidad es una herramienta importante con la que cuentan las autoridades para evitar la introducción de los precusores químicos en el circuito ilegal. En el Gráfico 3 (Santander, 2018) se muestra un esquema simplificado del circuito legal y del ilegal.

Gráfico 3. Circuitos Legal e Ilegal de los Precusores Químicos.



4.1. Marco regulatorio internacional

A nivel internacional, en 1961 entró en vigencia la Convención Única sobre Estupefacientes y en el año 1971, el Convenio sobre Sustancias Psicotrópicas. Estos acuerdos buscaron controlar el tráfico de drogas y asegurar la disponibilidad de estupefacientes y sustancias psicotrópicas para fines médicos y científicos y evitar su

desvío hacia el circuito de comercialización ilegal (Bolaños, 2014). Estos tratados, junto con las disposiciones y lineamientos dispuestos por la Convención de las Naciones Unidas contra el Tráfico Ilícito de Estupefacientes y Sustancias Psicotrópicas de 1988 (en adelante La Convención), han sido suscriptos por nuestro país y de forma prácticamente unánime, por todas las naciones del mundo (Bolaños, 2014).

Producto de estos acuerdos y la cooperación internacional se elaboraron, con fines de vigilancia y control, dos listas de precursores químicos y se fundó la Junta Internacional de Fiscalización de Estupefacientes (JIFE¹⁰) con la misión de fiscalizar y ayudar a los países miembros en el control de los precursores químicos. Este organismo fomenta el diálogo con los gobiernos y colabora con ellos en el combate al narcotráfico y el desarrollo de una legislación acorde al problema que enfrentan con el objetivo de reducir el peligro que representa la comercialización ilegal de estas sustancias.

Cada organismo nacional colabora en la elaboración de informes con sus propios detalles sobre cantidades y uso de precursores químicos, así por ejemplo la ANMAT brinda datos precisos sobre la cantidad de Efedrina, Pseudoefedrina, Ergotamina y Ergonovina utilizados por la industria química y farmacéutica en la elaboración y comercialización de sus productos (Bolaños, 2014).

4.2. Marco regulatorio nacional

4.2.1. Normas Jurídicas

La Ley 23737 (1989) establece en su artículo N.º 24 que el Poder Ejecutivo Nacional debe elaborar listas de sustancias químicas consideradas precursores susceptibles de ser utilizadas para la elaboración de estupefacientes. Por medio de la Ley 24072 (1992), nuestro país adhiere formalmente a La Convención en el año 1992. En total, en la Argentina se encuentran registrados 61 precursores químicos, distribuidos en tres listas anexas al Decreto 1095/96, modificado por el Decreto 1161/00 y por el Decreto 974/16. En agosto de 2018 fue publicado en el Boletín Oficial el Decreto 743 que actualiza las tres listas de sustancias químicas controladas con el objeto de ejercer un control más adecuado

¹⁰ <http://www.incb.org/>

de las sustancias frecuentemente empleadas en la fabricación y producción de estupefacientes (ver Anexo A). Cada lista está sometida a diferentes grados de control (Maestre y Barreiro, 2017):

- Lista I: De control obligatorio. Las sustancias incluidas en esta lista tienen un control más riguroso que las incluidas en la Lista II. Ej: Acetona, Ácido Lisérgico, Ácido Sulfúrico, Efedrina, Éter Etílico, Pseudoefedrina, etc.
- Lista II: De control obligatorio. Las sustancias incluidas en esta lista tienen un control más laxo que las incluidas en la Lista I. Ej: Benceno, Piperidina, Tolueno, Xilenos, etc.
- Lista III: De control voluntario. Ej: Alcohol Etílico, Cianuro de Bencilo, Kerosene, Yodo, etc.

4.2.2. Entes de control gubernamental

Secretaría de Políticas Integrales sobre Drogas de la Nación Argentina (SEDRONAR): Recientemente la SEDRONAR cambió de nombre y parcialmente de funciones. La antigua Secretaría de Programación para la Prevención de la Drogadicción y la Lucha contra el Narcotráfico, tras el decreto 33/2017 publicado en el Boletín Oficial, pasó a llamarse Secretaría de Políticas Integrales sobre Drogas de la Nación Argentina. Sin embargo, mantuvo el acrónimo SEDRONAR con el que comúnmente se lo identifica.

El organismo creado por decreto del Dr. Carlos Menem el 17 de julio de 1989, tenía como principal función coordinar políticas con una visión integral y federal, la macro política nacional de estupefacientes, estableciendo un abordaje equilibrado sobre el control de la oferta, la demanda y la elaboración de estrategias con las fuerzas de seguridad del estado y las fiscalías para el combate al narcotráfico. Entre sus objetivos la SEDRONAR es responsable de: “Elaborar los planes y programas de acción conjunta para el control de precursores y sustancias químicas utilizables para la producción de drogas ilícitas, el uso indebido de sustancias lícitas o su desvío hacia el mercado de drogas ilícitas” (Bolaños, 2014, p. 146).

Con el decreto 33/2017 la SEDRONAR pasó a depender de Presidencia de la Nación y cambió también la principal función del organismo, especialmente cuando perdió el control sobre el Registro Nacional de Precursores Químicos, para pasar a dedicarse a la asistencia y rehabilitación de pacientes, no como un coordinador de políticas públicas sino como un ejecutor de estas.

Registro Nacional de Precursores Químicos: El Registro Nacional de Precursores Químicos (en adelante el Registro) se crea en el año 2005, pero su historia comienza con la Ley 23737, que en su artículo N.º 44 impone la creación de un registro para la inscripción de aquellas personas físicas o jurídicas que produzcan, fabriquen, preparen, exporten o importen sustancias o productos químicos que puedan ser utilizados para la elaboración de estupefacientes.

Por Ley 26045 (2005) se crea el Registro Nacional de Precursores Químicos bajo el ámbito de la SEDRONAR. “El Registro queda facultado para realizar los controles necesarios, con la finalidad de cumplimentar las leyes y decretos que reglamentan esta actividad” (RNPQ, 2014a, p. 1). En el año 2016 el Registro cambia de órbita y pasa a depender del Ministerio de Seguridad de la Nación.

Las acciones del Registro están dirigidas principalmente a (RNPQ, 2014a):

- Realizar la inscripción y actualización de datos de personas físicas o sociedades en el Registro.
- Fiscalizar la lista de fabricantes, importadores, exportadores, preparadores, transportadores y de todos aquellos que intervengan en transacciones con precursores y productos químicos esenciales.
- Asesorar al Director Nacional de Planificación y Control del Tráfico Ilícito de Drogas y Precursores Químicos en relación a autorizaciones para importar y exportar precursores y productos químicos esenciales.
- Llevar adelante controles de verificación previos a la inscripción o baja del Registro. Realizar controles periódicos sobre las personas físicas o sociedades inscriptas en el Registro.

- Recibir la información referida a transacciones de precursores y productos químicos esenciales de aquellos que comercialicen, importen, exporten, preparen, elaboren, envasen, reenvasen, distribuyan y/o realicen otro tipo de operación que involucre uno o más de los productos incluidos en las listas de control del Registro.
- Emitir certificados que amparen las actividades reglamentarias realizadas por las empresas u operadores.
- Procesar la información para que la autoridad de aplicación de la Ley 26045 pueda aplicar las sanciones administrativas que correspondan en los casos de incumplimiento parcial o total de dicha Ley.
- Emitir informes y estadísticas destinados a otros organismos del estado nacional, regionales o internacionales que así lo requieran.
- Enviar y recibir notificaciones previas establecidas en el artículo 12, párrafo 10, inciso a) de la Convención de las Naciones Unidas Contra el Tráfico Ilícito de Estupefacientes y Sustancias Psicotrópicas (1988).

4.3. Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos

4.3.1. Objetivos

El sistema brinda un servicio de trazabilidad multifase que permite, mediante el registro de cada evento relevante, el monitoreo en tiempo real de los productos que ingresan a la cadena de suministros, sean estos sintetizados o importados (RenPre, s. f.). Mediante la implementación del sistema se pretende crear un registro consolidado de todo el movimiento de precursores químicos en el país y una mejora en el control y seguimiento sobre todos los productos transformados y la cantidad de sustancias controladas utilizadas en la elaboración de estos (RenPre, 2014b).

4.3.2. Actores de la cadena de suministros

Son varias las cámaras empresariales de sectores relacionados con el uso de precursores químicos, entre ellas: la Cámara Argentina de Laboratorios Independientes, Bromatológicos, Ambientales y Afines, la Cámara Argentina de Productos Químicos, la Cámara Argentina del Transporte Automotor de Mercancías y Residuos Peligrosos, la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos, la Cámara Argentina de Especialidades Medicinales, la Cámara de la Industria Química y Petroquímica Argentina; la Cámara Industrial de Laboratorios Farmacéuticos Argentinos y el Colegio de Farmacéuticos y la Cámara Argentina de la Industria de Cosmética y Perfumería y Bioquímicos de la Capital Federal. Todas ellas representan a los distintos actores que participan de la cadena de suministros de las sustancias químicas controladas.

A lo largo de la cadena de suministros de los precursores químicos se identifican los siguientes actores (RenPre, 2014a):

- **Operador General:** Operaciones permitidas: todas las enumeradas en el Decreto 1095/96 y la Ley 26045, con excepción de transporte nacional y extranjero para terceros, transbordo, depósito para terceros o importación y exportación de precursores químicos.
- **Operador Importador u Operador Exportador u Operador Importador/Exportador:** Operaciones permitidas: todas las enumeradas en el Decreto 1095/96 y la Ley 26045, con excepción de transporte nacional y extranjero para terceros, transbordo y depósito para terceros de precursores químicos.
- **Operador IFA (Ingrediente Farmacéutico Activo):** Operaciones permitidas: todas las enumeradas en el Decreto 1095/96 y la Ley 26045, con excepción de transporte nacional y extranjero para terceros, transbordo y depósito para terceros de precursores químicos.
- **Pequeño Operador:** Operaciones permitidas: **Solo** compra y uso de las sustancias y en las respectivas cantidades enumeradas en el Anexo I de la Resolución SEDRONAR 1227/10 (SEDRONAR, 2010).

- **Operador Transportista Nacional:** Operaciones permitidas: **Solo** transporte y trasbordo de precursores químicos con excepción de las sustancias agrupadas dentro de la Subcategoría “IFA”, según el Art. 1º de la Resolución SEDRONAR 979/08 (SEDRONAR, 2008), las que para ser transportadas deben tener la autorización del titular de dichas sustancias.
- **Operador Transportista Extranjero:** Operaciones permitidas: **Solo** transporte entre la República Argentina y otro país, de precursores químicos con excepción de las sustancias agrupadas dentro de la Subcategoría “IFA”, según el Art. 1º de la Resolución SEDRONAR 979/08 (SEDRONAR, 2008), las que para ser transportadas deben tener la autorización del titular de dichas sustancias.
- **Operador Depósito:** Operaciones permitidas: **Solo** depósito de precursores químicos.

4.3.3. Manual de Procedimientos del Registro Nacional de Precursores Químicos

El Manual de Procedimientos del Registro Nacional de Precursores Químicos detalla la metodología para llevar adelante las distintas tareas asignadas al Registro por la Ley 26045 y los Decretos 1095/96 y 1161/00 y da las normativas sobre las que funciona el sistema de trazabilidad del sector. Entre sus principales funciones destacan: inscripción y reinscripción de operadores, bajas de operadores, autorización de importación / exportación, anulación de certificados de importación / exportación, arancelamiento, control de empresas y operadores, gestión de los informes trimestrales, transferencia de Fondos de Comercio, anular credenciales de transportista, inscripción de empresas transportistas e inscripción de empresas dedicadas al depósito de sustancias químicas controladas.

Los usuarios del sistema deben informar los siguientes movimientos logísticos (RenPre, 2014b): puesta en stock inicial, fabricación, merma, destrucción, recepción de eslabón anterior, envío a eslabón posterior, importación, exportación, recepción por transferencia, envío por transferencia, recepción por devolución, envío por devolución y uso propio o interno.

El Registro contempla cuatro tipos principales de informes:

- Trimestrales: es una declaración jurada que deben entregar cada tres meses todos los operadores que trabajan con sustancias químicas controladas.
- Anuales: los Pequeños Operadores deben realizar la declaración jurada de movimientos una vez al año.
- Proporcionales: se presentan cuando por cualquier razón deban presentarse informes por una cantidad de días menores a un trimestre o a un año.
- Rectificativos: son informes trimestrales o anuales que se presentan con el fin de modificar lo informado en un informe trimestral o anual anterior.

Los principales datos para informar son los siguientes (RenPre, 2014b): código de evento, código comercial de producto/sustancia, cantidad de producto o sustancia implicada en el evento, fecha de vencimiento producto/sustancia, CUIT origen, CUIT destino, fecha y hora del evento, número de factura, número de remito, documento despacho a plaza y documento permiso de embarque.

Las operaciones de comercio exterior cuentan con informes adicionales que deben presentarse como máximo hasta 72 horas después de finalizada la operación.

Asimismo, otros informes son requeridos cada vez que se lleve adelante alguna de estas operaciones: actualización de datos de los operadores, fusión de sociedades, fallecimiento del titular de la empresa o de integrantes de sociedades de hecho o sociedades de dos socios, escisión de sociedades y transferencia de fondos de comercio.

A continuación, se da una breve muestra de los puntos más relevantes del manual de procedimientos del Registro.

Inscripción de operadores: previo al inicio de cualquiera de las operaciones comprendidas en la normativa vigente, deberán inscribirse en el Registro (RenPre, 2014a):

Las personas físicas o de existencia ideal, y en general todos aquellos que bajo cualquier forma y organización jurídica, tengan por objeto o actividad, producir, fabricar, preparar, elaborar, envasar, reenvasar,

distribuir, comercializar por mayor y/o menor, almacenar, importar, exportar, transportar, trasbordar y/o realizar cualquier otro tipo de transacción, tanto nacional como internacional de las sustancias incluidas en las Listas I y II del Anexo I... (p. 19)

Asimismo, deberán inscribirse aquellos que operen con alguna de las sustancias de la Lista III señaladas en la Resolución SEDRONAR N° 216/10.

Se debe tramitar la obtención de número de CUFE (Código de Ubicación Física de Establecimiento) de todas las Sucursales y Establecimientos de su empresa (RenPre, 2014b). Se dispondrá así de un número CUFE por cada establecimiento físico de su empresa (depósitos, almacenes, laboratorios, centro de procesamiento, etc.).

Cada tipo de operador debe entregar documentación específica para el desarrollo de su actividad. Si un operador no inscripto como transportista, desea registrar un vehículo propio para el transporte de sustancias químicas controladas de su propiedad, deberá inscribirlo en el Registro. Los operadores dedicados al acopio y almacenamiento de precursores químicos deberán presentar las habilitaciones municipales correspondientes de los lugares destinados a la actividad y el locatario deberá ser el único responsable del inmueble. En el Gráfico 4 (RenPre, 2013) se resume el flujo de registro de nuevos usuarios del sistema.

Gráfico 4. Flujo de Registro de Usuarios.

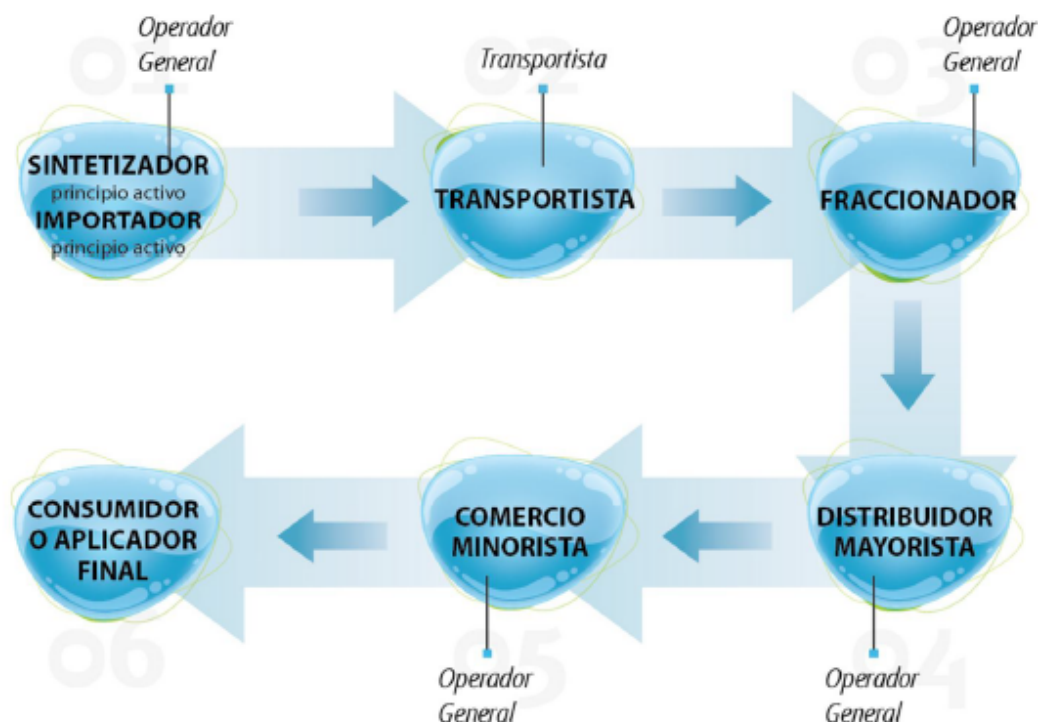


Baja de operadores: cuando se produce una baja, el operador debe transferir previamente todas sus existencias de sustancias químicas controladas a otro operador inscripto en el Registro. Por ejemplo, en el caso de formarse una nueva sociedad, esta primero debe inscribirse, luego recibir los precursores químicos y finalmente recién se podrá dar de baja a la sociedad original. La baja se puede producir por tres razones:

- Por pedido del operador.
- De oficio. Por caducidad de la inscripción.
- Por fallecimiento de una persona física que motive la disolución de la sociedad.

Autorización de importación / exportación: Para importar y/o exportar sustancias químicas controladas de la Lista I y la Lista II es necesario estar inscripto y con dicha inscripción en vigencia en el Registro Nacional de Precursores Químicos, haber declarado la condición de importador de los precursores químicos, contar con la autorización previa del Registro y cumplir con lo establecido en el Capítulo VI del Decreto 1095/96 modificado por el 1161/00. Se deben presentar los formularios que marca el organismo, con carácter de declaración jurada, junto con todas las facturas de compra/venta y cuyos datos deben coincidir con los de la declaración. Algunas sustancias en particular presentan requisitos adicionales como por ejemplo el Permanganato de Potasio, el Piperonal y la Metilamina, entre otros.

Gráfico 5. Guía de Funcionamiento.



En el Gráfico 5 se muestra el circuito completo que recorre un producto desde el sintetizador/importador hasta el consumidor final (RenPre, s. f.). Las transacciones se informan manualmente o de forma automatizada y para esto el sistema pone a disposición un servicio web para que sea consumido por los agentes participantes. Por intermedio de este servicio web el agente debe informar cada movimiento relevante de sus productos (RenPre, s. f.). El sistema se compone de un Backend, una Capa de Servicios y un Frontend desarrollados sobre una plataforma Java Enterprise Edition (JEE), es escalable y permite conexión con cualquier protocolo requerido (RenPre, s. f.).

4.4. Limitaciones del Sistema

El actual Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos fue implementado con la intención de superar los problemas de los anteriores intentos de monitoreo de estas sustancias a lo largo de la cadena de sintetización, fabricación y suministro (RenPre, s. f.). Esos primeros registros fueron implementados de forma independiente por cada uno de los agentes, sin posibilidad ninguna de obtener visibilidad sobre el resto de la cadena de suministro y por tanto imposibilitando la trazabilidad real del producto.

Sin embargo, con el actual sistema de trazabilidad, cada operador de la cadena de suministros continúa operando como un compartimiento estanco, con poca o ninguna relación con el resto de los agentes de la cadena excepto con sus socios de negocios más inmediatos como pueden ser sus proveedores directos, su cliente y el transportista. Pero incluso estas relaciones se limitan a transacciones puntuales y siguen el esquema tradicional de una cadena de suministros secuencial. La falta de visibilidad sobre el ciclo de vida completo del producto a lo largo de toda la cadena atenta contra el establecimiento de estrategias de negocio más productivas. En un mundo donde la información es poder, no ser capaz de conocer el destino final de un producto atenta contra los intereses de la organización al dificultar la planificación de su negocio. En el mismo sentido, desconocer el origen de las materias primas pone a la empresa frente a riesgos de alto impacto, con consecuencias muy graves ante casos de falsificación, desvío o contaminación del

producto. El actual sistema de trazabilidad implementado en nuestro país no ayuda a prevenir ni a mitigar ninguno de estos riesgos.

El Manual del Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos declara que el sistema actual "...permite realizar el monitoreo en tiempo real de cada una de las sustancias y productos a lo largo de toda la cadena de producción y distribución" (RenPre, 2014b, p. 3) y esta afirmación vuelve a repetirse en la Guía de Funcionamiento (RenPre, s. f., p. 5). Teniendo en cuenta que los agentes deben presentar informes trimestrales sobre los movimientos de sus productos (RenPre, 2014a, p. 10), es difícil poder cumplir con la premisa del Registro para el *monitoreo en tiempo real* de los productos.

La complejidad del sistema atenta contra el buen desempeño de este. A los problemas ya enumerados, se le pueden sumar la enorme burocracia que lo acompaña. Los formularios y declaraciones juradas necesarios para mantener al día el Registro no son fáciles de auditar y al tratarse de cargas manuales, ya sea mediante la subida de un archivo csv o por intermedio de servicios web, la tarea es muy compleja y sensible a errores humanos y del sistema. En este contexto resulta complejo poder garantizar la integridad de los datos informados al Registro.

5. Sistema Nacional Distribuido de Trazabilidad de Precursores Químicos

5.1. Objetivos

La idea para el desarrollo de este trabajo está inspirada en la ley norteamericana llamada Drug Supply Chain Security Act (DSCSA). La cadena de custodia de la industria farmacéutica de esta nación es una de las más importantes y seguras del mundo (Celeste, 2017), sin embargo, la complejidad de las cadenas de suministros de los productos médicos en Estados Unidos es cada día más compleja y es susceptible de sufrir fraudes, robos y falsificaciones. El objetivo del DSCSA es cuidar al consumidor de potenciales daños a su salud producto de fármacos falsificados y de proteger a las empresas y laboratorios de las pérdidas millonarias ocasionadas por estos delitos. La Ley se aprobó en 2013 y establece un plazo de 10 años para desarrollar e implementar un sistema electrónico de trazabilidad para los productos farmacéuticos en ese país (Serafin y Walkush, 2018). La tecnología de cadena de bloques está siendo investigada para su aplicación como parte de la solución buscada para los problemas de esta industria (Celeste, 2017).

En el capítulo anterior se analizó que el sistema nacional de trazabilidad argentino, al igual que el norteamericano, presenta problemas reales al momento de mantener la trazabilidad completa de productos sensibles. En razón de esto y con el objetivo de superar las limitaciones del sistema actual observadas en el capítulo anterior, se propone un nuevo Sistema Nacional Distribuido de Trazabilidad de Precursores Químicos.

5.2. Requisitos del Sistema

El sistema propuesto debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe respetar todas las regulaciones de los entes de control actualmente existentes y ser flexible de adaptar ante cambios futuros en las mismas.

- Permitir a la autoridad central la capacidad de gestionar la visibilidad, confidencialidad y transparencia de la cadena de suministros, decidir qué información es visible o no, quién puede leerla y qué tipo de datos pueden escribir los distintos tipos de usuarios en la cadena de bloques.
- Posibilitar el seguimiento en tiempo real de todos los precursores químicos que ingresan a la cadena de suministros argentina. La monitorización se realiza sobre partidas completas o de productos individuales de acuerdo a la forma de envasado de cada sustancia en particular. Se entiende por seguimiento de un producto a la capacidad de conocer quién tiene el producto y dónde se encuentra el mismo en un momento determinado.
- Debe soportar un promedio de entre 10 transacciones por segundo, garantizando así que todo operador podrá ejecutar sus operaciones en tiempo real.
- Garantizar la inmutabilidad de la información en la cadena de bloques otorgando seguridad tanto sobre los datos como a las entidades participantes.
- La red no debe requerir pago de tasas por las transacciones realizadas en la plataforma, más allá de las actualmente existentes. Es decir, no debe pagarse por realizar una transacción por la que actualmente no se abona ningún canon.
- Debe ser una solución con una curva de adaptación y aprendizaje lo más corta posible, para asegurar una adopción masiva de la misma y disminuir la resistencia al cambio.
- No debe requerir la instalación de aplicaciones complejas o bases de datos. Con solo descargarse la aplicación móvil debe ser suficiente para poder operar.
- Debe ser sencillo de utilizar y amigable con el usuario.
- La carga de la información puede realizarse por unidad o en lotes mediante un archivo .csv o consumiendo un servicio web puestos a disposición por la autoridad central y destinado a este fin.

- La cadena de bloques debe ser escalable y no presentar cuellos de botella ante el ingreso de nuevos actores al sistema.
- Contar con una cadena de bloques paralela para la realización de tests, ensayos y entrenamiento para los nuevos participantes.

5.3. Arquitectura del Sistema

La aplicación propuesta está construida sobre Ethereum que brinda las prestaciones necesarias para cumplir con los requisitos del sistema y es la plataforma más desarrollada actualmente disponible. Dos contratos inteligentes se encargan de gestionar todas las transacciones que se lleven adelante entre los actores de la cadena de bloques. Uno de ellos es el responsable de la gestión de las altas y bajas de usuarios en el sistema y el otro registra los movimientos de los productos en toda la red.

El Registro, como entidad regulatoria y autoridad central, es la principal parte interesada. Este organismo es el dueño del sistema propuesto y su administrador principal. Es el ente que gestiona el acceso al sistema y los permisos del resto de las entidades que integran esta red. Al existir una autoridad central y teniendo en cuenta los distintos tipos de cadenas de bloques vistos en el inciso 2.4.3, la red propuesta presenta una tipología cerrada. Tal y como sucede actualmente, la autoridad central puede gestionar las autorizaciones para el ingreso y salida de la red a los actores de la cadena de suministros de precursores químicos.

Las organizaciones que intervienen en la cadena argentina de suministros de precursores químicos son muy reservadas respecto a su información interna. Un comprador, un vendedor y un transportista pueden colaborar en una operación, donde el transportista puede ver el identificador del producto y su cantidad, pero no el precio. Mientras que el vendedor y el comprador pueden ver el producto, la cantidad y su precio. Poder gestionar la confidencialidad es uno de los requisitos del sistema y de ahí la necesidad de contar con una red basada en Permisos, tal como fue definido en el inciso 2.4.3.

Hay cuatro conceptos claves alrededor del sistema de trazabilidad propuesto:

- Actores: la cadena de suministros está formada por un conjunto de actores, organizaciones o individuos, involucrados directamente en el flujo de un producto que integre una de las tres listas con productos controlados por el Registro.
- Activos: es cualquier producto listado que requiere ser rastreado.
- Atributos: Activo, Propietario, Tiempo, Ubicación. Estos cuatro atributos nos dicen para cada Activo físico, en el Tiempo seleccionado, quién es su Propietario y en dónde está su Ubicación.
- Permisos por Roles: no todos los Actores poseen los mismos permisos sobre la cadena de suministros. Cada Actor puede tener determinado uno o más roles.

Los actores de la red son todos del tipo Escritores, tal como se definió en el inciso 2.4.3. Estos actores son las distintas entidades físicas y jurídicas que conforman la cadena de suministros de los precursores químicos. Importadores, exportadores, transportistas, fraccionadores, productores, comerciantes, etc. Adicionalmente, y a solicitud de la autoridad central, es posible incluir actores del tipo Lectores, por ejemplo, si se deseara que los consumidores finales puedan levantar información desde un dispositivo móvil sobre un producto adquirido que haya sido fabricado con alguno de los precursores de las listas. Otro tipo de actor del tipo lector, podrían ser entidades auditoras externas que solamente extraigan información para analizar pero que no incorporen datos a la red.

El sistema incluye una interfaz web fácilmente accesible desde cualquier navegador y una aplicación Mobile para poder ingresar los movimientos de las partidas de productos y también poder leer la historia de estas siempre que el ente regulador haya asignado los permisos correspondientes.

Resumiendo, el sistema propuesto tiene las siguientes características:

- Sistema de gobernanza centralizado en el Registro.
- Red distribuida y cerrada.
- Sistema basado en permisos por roles con control de acceso por parte de la autoridad central.

- Gestión del negocio por intermedio de contratos inteligentes.
- Interfaz web y aplicación Mobile para el ingreso y lectura de información contenida en la cadena de bloques.

5.4. Operativa básica del sistema

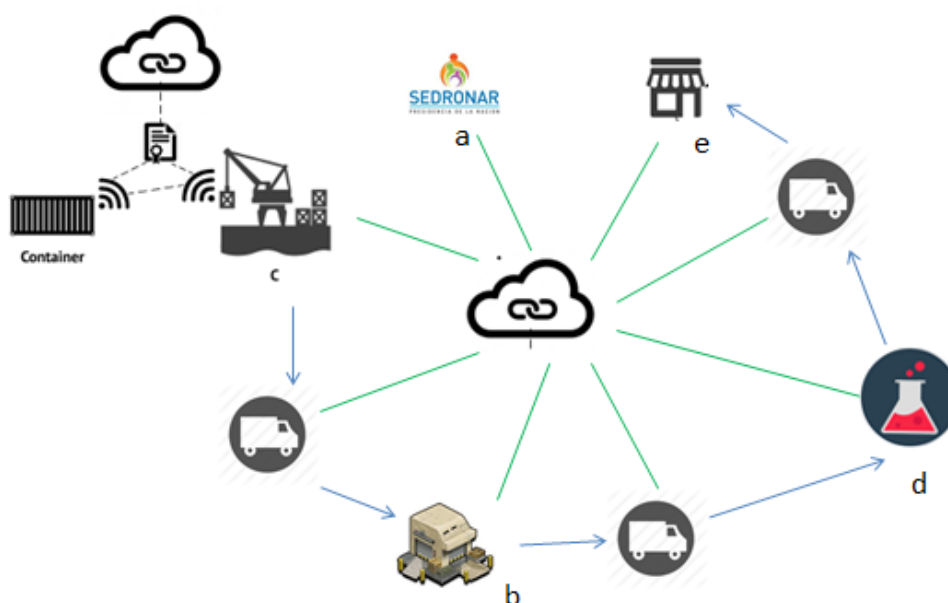
Los actores deberán estar debidamente registrados y autorizados en el sistema por la autoridad central. Cada uno de estos actores tiene su propia interfaz para la carga de los datos de lotes y envases en la cadena de bloques. Los participantes de la red deben descargar la aplicación desde el sitio github.com, normalmente utilizado por la comunidad de desarrollo de software libre para la distribución de sus proyectos.

De acuerdo a la regulación actual (SEDRONAR, 2014), cada producto tiene un código único de identificación, tanto para lotes como envases individuales, consistente en un dispositivo RFID, un código de barras o un código datamatrix. Este código permite relacionar el producto físico con su identidad digital en la cadena de bloques. Cada producto tiene un perfil digital, que contiene su Id mencionado, dimensiones, fechas de elaboración/vencimiento, certificaciones, pesos y medidas, y cualquier otro dato pertinente que se desee almacenar para su posterior recuperación. Todos estos datos son accesibles a cualquier persona física o institución con los permisos correspondientes. Las reglas de negocio del sistema están todas codificadas y almacenadas en los contratos inteligentes desplegados en la cadena de bloques.

A continuación, se adapta el modelo presentado por Christidis y Devetsikiotis (2016) al caso de la cadena de suministros de precursores químicos. Como puede verse en el Gráfico 6, al comienzo de la cadena, una partida de producto es movilizada desde el Importador (punto c) en los camiones del transportista, autorizado por el Registro para operar con estos productos, hacia el depósito del laboratorio que adquirió el compuesto químico (punto b). El laboratorio utiliza el producto como materia prima para la elaboración de un disolvente con su marca (punto d). Este producto es llevado por un transportista hacia el centro de venta (punto e) que lo pone a disposición del consumidor final. Los bidones originales

donde venía el producto son movilizados hacia otra área del laboratorio donde serán pasados por un proceso de lavado y revisión para su posterior reutilización. En el sistema actual cada actor de la cadena gestiona y administra su propia base de datos y posteriormente realiza una presentación trimestral de sus movimientos ante la autoridad controladora. En el modelo propuesto la información es cross¹¹ a toda la red, y esta podrá ser leída de acuerdo a los permisos con que cuente cada actor determinando así los datos sensibles de las operaciones realizadas.

Gráfico 6: Cadena de Suministros Precursores Químicos con Cadena de Bloques.



Todas las relaciones, en forma de transacciones, entre los distintos actores están mediadas por los contratos inteligentes que dan funcionalidad al sistema. Se identifican dos funcionalidades primarias para que la red cumpla su cometido. Cada una de estas funcionalidades está integrada en un contrato inteligente.

¹¹ **Cross:** cuando la información está disponible en todos los nodos de la cadena de bloques.

- Un contrato inteligente gestionará el acceso a la red acorde a los permisos otorgados a cada actor por el Registro. También se encarga de registrar en la cadena de bloques los números identificadores de los lugares físicos de almacenamiento de sustancias controladas. El alta, baja y modificación de datos de cualquier actor se hace a través de este contrato.
- Un contrato inteligente gestionará las operaciones entre actores. Este contrato contará con la capacidad de gestionar y registrar en la cadena de bloques los movimientos de los productos desde que ingresan al sistema hasta que llegan al consumidor final.

En cada uno de los puntos de la cadena, los contratos inteligentes controlan el estado de los productos. Por ejemplo, cuando una partida de bidones de producto arriba a la planta del laboratorio, los responsables escanean el lote y avisan mediante un mensaje al contrato inteligente para que este registre en la cadena de bloques día y hora en que la partida arribó a destino y su aceptación por parte del receptor. El contrato inteligente contempla más funcionalidades como la posibilidad de rechazar la partida registrando los motivos del rechazo. Todas estas transacciones desde y hacia los contratos inteligentes son criptográficamente seguras, y una vez aceptada la partida y registrada la transacción en la cadena de bloques, esta se vuelve irreversible y tanto el vendedor como el transportista y el resto de la red con acceso a esta información, incluido el ente controlador, pueden conocer con seguridad que el laboratorio ha recibido el producto y el lugar físico dónde los tiene almacenados.

Aunque en este trabajo limitamos las funciones del contrato inteligente propuesto al registro de quién, cuándo y dónde se encuentra un elemento, un contrato inteligente tiene la capacidad de realizar, como se vio en unidades anteriores, muchas otras funciones. Por ejemplo, podría gestionar la devolución de productos, registrar más información que la básica descrita para este modelo, administrar inventarios, realizar pagos, generar facturas o notas de crédito, etc.

5.5. Mejoras aplicadas a la práctica diaria

La cadena de bloques cerrada, basada en contratos inteligentes y gestionada por el Registro asegura la integridad de la información, la cual es protegida contra modificaciones no autorizadas. La verificabilidad y transparencia de todas las operaciones permite aumentar la confianza del público general y de las autoridades sobre los movimientos de las sustancias químicas controladas. Las auditorías son más sencillas al no depender de innumerables declaraciones juradas y formularios. Todos los datos pueden consolidarse según las necesidades del ente regulador para lograr el aseguramiento de la calidad y brindar seguridad.

Los actores de la cadena de suministros tienen visibilidad completa sobre sus productos desde que estos se importan o producen hasta que llegan al consumidor final. Esto posibilita poder elaborar estrategias de negocios acordes a las necesidades del mercado y sobre todo otorga al actor una prueba tangible en forma de registro de las operaciones en la cadena de bloques ante el desvío o desaparición de un producto o lote de productos. Resulta prácticamente trivial conocer quién fue el último en tener la sustancia en su poder y en qué lugar específico estaba la misma en un momento determinado.

Retirar un lote de productos del mercado resulta en una reducción de tiempo y costos del proceso. Tanto desde la aplicación para el smartphone como desde la interfaz web puesta a disposición de los actores, se pueden consultar todos los datos necesarios para localizar una partida de productos mediante su código identificador, último propietario o último lugar de depósito. El tratamiento de los residuos químicos es un problema generado por la industria química y farmacéutica. Si un recipiente para el transporte de producto apareciera abandonado en un lugar prohibido, el registro de los datos de ese recipiente en la cadena de bloques facilitaría la ubicación del responsable de esa situación.

La documentación asociada al actual sistema de trazabilidad es demasiada en comparación a la del nuevo sistema que es completamente digital. Con la implementación distribuida de la información podemos estar seguros de que lo que estamos informando llegará a todos los nodos de la red, pero solo aquellos con los permisos necesarios podrán leerlos o recuperarlos. Desaparecen completamente las declaraciones juradas, solicitudes,

legajos y demás formatos físicos para transmitir datos, en la nueva red distribuida todo esto es digital. El tiempo empleado también disminuye al ser más sencillo escanear un lote de productos que confeccionar declaraciones juradas u otra documentación.

5.6. Resistencia al cambio

Tripier ((2008)) define el cambio organizacional como “el proceso de transición desde una situación actual a una futura y en la cual hay una promesa de mejora” (2008, p. 1). “El cambio es la única cosa inmutable” es una de las más conocidas frases atribuidas a Arthur Schopenhauer, y nos permite visualizar la fuerza constante que representa este cambio. La necesidad de adaptarse a la nueva realidad tecnológica, ambiental, organizacional y social en la que está inmersa una organización provoca como contraposición una fuerza opuesta que es la resistencia al cambio. Esta aparece como respuesta a nuevos procesos productivos, a redefiniciones en la misión o visión de la organización, a cambios culturales de la compañía y otros motivos. La resistencia se manifiesta de forma abierta, implícita o encubierta; puede ser individual, grupal o incluir a toda la organización. y puede darse de manera espontánea o dirigida.

En el caso de la cadena de suministros de precursores químicos en la Argentina, es previsible encontrar una resistencia al cambio significativa a lo largo de toda la cadena. Los primeros que deben comprender los beneficios del cambio propuesto son las autoridades del ente regulador y las gerencias de los laboratorios. Comunicar el cambio propuesto es una tarea compleja pero fundamental para conseguir el objetivo de implementar el nuevo sistema. La forma tradicional de relacionarse con proveedores y clientes cambiará en el futuro y los responsables de llevar adelante el cambio deben encontrar formas creativas e innovadoras para gerenciar las organizaciones en el nuevo contexto.

5.7. Costos del nuevo sistema de trazabilidad

Los costos de desarrollo del nuevo sistema resultarán significativamente más elevados que el de un sistema informático tradicional basado en servicios web, como el actualmente utilizado por el Registro para llevar el control de los precursores químicos en el país. Para el desarrollo de contratos inteligentes existen pocos profesionales capacitados en el mercado y aunque la comunidad de desarrolladores de Ethereum crece diariamente, estos programadores y tecnólogos son caros.

Montar una red de pruebas requiere de un mínimo de nodos como para ser probada con éxito. Una red de entre 10 y 20 computadoras está en condiciones de sumarse a la cadena de bloques y llevar adelante una prueba piloto del sistema. La recomendación técnica es que durante todo el tiempo que duren el desarrollo, las pruebas y la puesta en producción del nuevo sistema, exista una convivencia entre ambas aplicaciones.

Para las industrias el costo técnico de implementación no es significativo, ya que solo se necesita una computadora, que pueden ser las mismas que se utilizan actualmente con el sistema existente, y algunos smartphones para poder sumarse a la red. El mayor costo está en la capacitación del personal para utilizar la nueva herramienta y especialmente en la adaptación de los procesos de negocio al nuevo mundo de la información distribuida. La curva de aprendizaje del sistema en sí no debe ser muy pronunciada ya que el sistema resulta muy transparente al usuario, pero el cambio en los procesos sí que requerirá especial atención de las empresas para llevarse adelante satisfactoriamente.

Con la implementación del nuevo sistema se espera poder disminuir los costos operativos por la disminución en los tiempos de respuesta del ente regulador y los actores ante un evento que pueda producirse con un lote de productos, la digitalización de documentación física elimina papel ayudando al mantenimiento del medio ambiente y representa una mejora en la gestión interna de la compañía.

5.8. Viabilidad e incidencia de implementar el nuevo sistema en la Argentina

Para decidir sobre la viabilidad o no de implementar en nuestro país el sistema de trazabilidad distribuido propuesto en este trabajo, se tomaron en cuenta los siguientes puntos analizados previamente:

- **Incidencia de los contratos inteligentes:** Los requisitos esperados para la nueva aplicación son realistas tanto desde el punto de vista técnico, regulatorio y financiero. Una vez los contratos inteligentes comiencen a gestionar todas las transacciones de la cadena de suministros se podrá ver la incidencia sobre los actores de esta. Del análisis de este trabajo se puede anticipar que disminuirán los costos operativos de las empresas, mejorará la confianza de los consumidores, reducirá tiempos y burocracia, habilitará nuevas formas de relación entre los actores de la cadena y posibilitará innovadoras formas de hacer negocios.
- **Costos de implementación:** No resultan particularmente altos en una primera etapa de pruebas y de convivencia entre el sistema antiguo y el nuevo. Mas para cuando el cambio total se produzca, los costos de adaptar los procesos de negocios resultarán importantes, aunque las ventajas obtenidas redundarán en un beneficio económico para todos los participantes.
- **Resistencia al cambio:** Los responsables de implementar el sistema deben anticiparse y estar listos para enfrentar la resistencia al cambio producida por la introducción de un sistema que romperá con la forma tradicional de relacionarse con el ente regulador, los proveedores y consumidores.
- **Beneficios:** Como se detalló en el inciso 5.5 las principales ventajas que se pueden enumerar al implementar el nuevo sistema son la garantía de mayor visibilidad y transparencia en las transacciones y conjunto de los datos transmitidos, auditorías más sencillas, aumento de la confianza de usuarios y entes reguladores, mayor calidad y seguridad, trazabilidad completa y en tiempo real de los productos, mayor eficiencia al retirar un lote de circulación, rastreo de residuos químicos, eliminación

de documentación física y reducción de tiempo empleado en informar de los movimientos de productos.

Teniendo presente estos cuatro puntos de análisis estamos en condiciones de afirmar que implementar en la Argentina el nuevo sistema de trazabilidad distribuido de productos químicos es viable. El camino por recorrer es largo y una primera etapa de funcionamiento sobre una red de pruebas es primordial. Si las pruebas son superadas con éxito entonces ya se puede avanzar en la implementación en el mundo real de la cadena de suministros de nuestro país.

6. Desafíos futuros

6.1. Cadena de bloques y contratos inteligentes

La cadena de bloques y los contratos inteligentes son tecnologías con muy poco tiempo de madurez, incluso comparándolas con otras innovaciones recientes como el Internet de las Cosas, Big Data o la impresión 3D. Son muchas las limitaciones que tiene la tecnología y superarlas es el principal desafío que enfrentan los investigadores, desarrolladores y empresas que desean implementarla para mejorar sus negocios. Al día de hoy la cadena de bloques se encuentra en una etapa de su ciclo de vida similar al de las computadoras personales de los años '70 o principios de los '80. Así como el protocolo TCP/IP se convirtió en el estándar fundacional para el intercambio de información en la red, la cadena de bloques y los contratos inteligentes forman las bases de la Internet del Valor (Bogart y Rice, 2015). En este sentido el campo de investigación está fértil para nuevas investigaciones y desarrollos que superen las limitaciones actuales. La industria de la cadena de bloques ha atraído inversores y capital semilla al sector (Bogart y Rice, 2015). En capítulos anteriores se señalaron las mayores limitaciones existentes para la implementación de proyectos basados en la tecnología de la cadena de bloques en el mundo de los negocios. Resolverlas con éxito es una premisa fundamental para conseguir volver rentable estos proyectos.

Una de las propuestas para superar el problema de la integración entre cadenas de bloques son las denominadas Sidechains que permiten realizar transacciones entre una red principal y otras redes anexas a la misma (Back et al., 2014). Para llevar adelante una operación se realiza una transacción, se bloquea el activo y se deja una prueba de posesión en la red principal y luego se abre otra transacción en la red secundaria cuyo input es una prueba criptográfica de la transacción anterior. Aunque comunicadas entre sí, estas redes están aisladas unas de otras brindando así seguridad al sistema en su conjunto ante una vulnerabilidad en alguna de sus partes.

Durante el trabajo se identificó a la Primera Generación y Segunda Generación de cadenas de bloques, como la que permite implementar transacciones monetarias en el primer caso y habilita la utilización de los contratos inteligentes en el segundo. Una tercera generación de cadenas de bloques irá más allá y facilitará la aplicación de la tecnología en áreas como la salud, la ciencia, cultura, arte, derechos de propiedad y otros sectores actualmente no alcanzados por los casos de uso considerados en los proyectos y white papers públicos (Swan, 2015).

Una de las metas de este trabajo final de maestría es que se convierta en el punto de partida para futuras investigaciones en el campo de la aplicación de contratos inteligentes en organizaciones argentinas de distintos rubros.

6.2. Internet de las Cosas y precursores químicos

Una vez implementada la cadena de bloques en la cadena de suministros de precursores químicos, agregar nuevos casos de uso que reduzcan costos dará mayores beneficios a los actores participantes. Aunque no contemplada en esta primera versión propuesta, la compra y venta de productos utilizando un token propio es un avance significativo. Las empresas podrían intercambiar valores monetarios en forma de una moneda virtual ahorrándose el pago de comisiones a intermediarios como bancos, pasarelas de pagos o impuestos al cheque.

En el presente trabajo no se incluye una propuesta de sistema de tokens para no hacer más complejo el análisis. Sin embargo, un token resulta útil de implementar en la cadena de bloques propuesta. Esta criptomoneda servirá para incentivar la participación en la red mediante un sistema de premio, para que los nodos mineros brinden mayor poder de cómputo y procesamiento y permitan mayores funcionalidades en la cadena de bloques. El token habilitará el proceso de la comercialización de activos, por ejemplo, bidones de productos, entre los usuarios de la cadena de bloques. Estos activos físicos que tendrán su correspondiente identificación digital en la cadena de suministros distribuida son los que se denominan como propiedad inteligente, y puede transferirse su propiedad simplemente

intercambiándolos en una transacción en la cadena de bloques. El token puede ser cambiado por la criptomoneda Ether o por Bitcoin y así acceder a monedas FIAT.

Mientras que la cadena de bloques nos permite contar con una red punto a punto sin intermediarios sobre la que poder realizar operaciones de una forma confiable, transparente y auditable, y los contratos inteligentes brindan la posibilidad de automatizar operaciones complejas, el ecosistema de dispositivos del Internet de las Cosas son el punto de contacto con el mundo físico. El combo entre estas dos tecnologías facilitará el intercambio de recursos permitiendo el desarrollo de un mercado de servicios entre dispositivos (Christidis y Devetsikiotis, 2016).

La combinación del Internet de las Cosas y la cadena de bloques es poderosa y puede modificar las industrias y sus modelos de negocios (Christidis y Devetsikiotis, 2016). IBM ve en la tecnología grandes ventajas en costos, seguridad y privacidad y está desarrollando ADEPT su plataforma para IoT basada en cadena de bloques y sobre la que ya presentó una prueba de concepto (Bogart y Rice, 2015). Asimismo, IBM está preparando su propio protocolo de contratos inteligentes de código abierto (Bogart y Rice, 2015). En el caso particular de una cadena de suministros como la de los precursores químicos, la adopción de esta combinación de tecnologías es prácticamente un segundo paso obligado en su evolución. Cuando un actor de la cadena recibe un lote de productos, ya no necesitaría tener físicamente una persona para escanear el código de barras o la etiqueta RFID y subirlo a la red; los sensores y dispositivos lo harían de forma automática, completamente sincronizados y con capacidad de intercambiar mensajes con los contratos inteligentes de la misma. Los sensores pueden analizar condiciones específicas como por ejemplo si determinada sustancia requiriere un rango de temperatura determinado. El sensor ante un cambio de esta se comunicará con el contrato inteligente para que este ejecute la acción contemplada para este caso, por ejemplo, retornar el producto a su dirección de origen, marcarlo como defectuoso, etc. En esta instancia, estaríamos en presencia de una revolución en el sector, denominada Cadena de Suministros Inteligente.

6.3. Seguridad

Ethereum y los programas desplegados en una cadena de bloques son relativamente nuevos y altamente experimentales en la mayoría de los casos. En este contexto la comunidad de desarrolladores debe estar atenta a los constantes cambios, nuevas versiones, nuevos bugs¹² y brechas de seguridad que se producirán. La arquitectura de la cadena de bloques es tan diferente de las arquitecturas tradicionales que permite pensar en un cambio de paradigma de Internet y las aplicaciones móviles. El programador debe estar dispuesto a adoptar una nueva filosofía de desarrollo y no solamente las nuevas herramientas. En la entrada 2.5.6 sobre Ethereum, se mencionaron los principales inconvenientes de seguridad al momento de implementar un contrato inteligente sobre esta plataforma. Los profesionales del área se mantienen siempre al corriente de estos y constantemente surgen nuevas herramientas de verificación y control con el objeto de detectar patrones de vulnerabilidades y aumentar la seguridad de los contratos y de la red en general. Actualmente Ethereum sólo soporta Solidity, pero nuevos lenguajes de programación surgen periódicamente y están en constante evolución y demostrando sus mejoras en otras plataformas (Atzei et al., 2017).

Para los grandes jugadores de la industria de los precursores químicos y el transporte, la seguridad es una de sus principales preocupaciones, frecuentemente señalada en la bibliografía consultada como una de las barreras que enfrentan la cadena de bloques y los contratos inteligentes para establecerse en una industria (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016). Los laboratorios argentinos y transportistas locales plantean también el problema de la privacidad de los datos sensibles. La cadena de bloques y las nuevas aplicaciones que se desarrollen sobre la misma, como la presentada en este trabajo, deben mejorar los niveles de seguridad respecto a los actuales y garantizar la privacidad para permitir una adopción más rápida de la tecnología en el sector.

¹² **Bug:** Es un error o fallo de un programa de computación.

6.4. Marco jurídico

La cadena de bloques y las criptomonedas necesitan de un marco regulatorio establecido para poder afianzarse en el mundo de los negocios. Las organizaciones buscan reglas de juego claras y la falta de regulación desalienta la inversión en la tecnología. Los entes de control han avanzado en su intención de fiscalizar el uso de activos de la cadena de bloques como valores. El Department of the Treasury Financial Crimes Enforcement Network (FinCEN) y el New York Department of Financial Services (NYDFS) están a la cabeza de los esfuerzos gubernamentales por establecer regulaciones a las monedas virtuales (Ross, 2017). La FinCEN emitió la Virtual Currency Guide a finales del 2013 con el objetivo de clarificar el alcance y la aplicabilidad del Bank Secrecy Act a las personas y organizaciones que creen, obtengan, distribuyan, intercambien, acepten o transmitan monedas virtuales incluyendo a las monedas virtuales descentralizadas (Ross, 2017). En 2015 el NYDFS publica el BitLicense para regular los negocios de monedas virtuales (Ross, 2017). Estas regulaciones no son de alcance nacional en los Estados Unidos. El resto del mundo tampoco se ve afectado por las mismas y solo se enfocan en el tratamiento de las monedas virtuales, que como ya se ha visto en este trabajo no es más que una porción de los negocios que puede abarcar la tecnología de las cadenas de bloques.

En la Argentina no hay legislación sobre el tema. En cuanto a las criptodivisas, la Unidad de Información Financiera (UIF) se pronunció oficialmente sobre los riesgos asociados a las mismas basados en su falta de respaldo por parte de algún estado o banco nacional o extranjero mediante la Resolución 300/2014, que en su artículo segundo dice (UIF, 2014):

Art. 2° — A los efectos de la presente resolución se entenderá por “Monedas Virtuales” a la representación digital de valor que puede ser objeto de comercio digital y cuyas funciones son la de constituir un medio de intercambio, y/o una unidad de cuenta, y/o una reserva de valor, pero que no tienen curso legal, ni se emiten, ni se encuentran garantizadas por ningún país o jurisdicción.

En este sentido las monedas virtuales se diferencian del dinero electrónico, que es un mecanismo para transferir digitalmente monedas fiduciarias, es decir,

mediante el cual se transfieren electrónicamente monedas que tienen curso legal en algún país o jurisdicción.

En el caso específico de la cadena de bloques aplicada a una cadena de suministros como la propuesta en este trabajo, no existe un marco legal que de validez a los documentos registrados en la red. Por ejemplo, si un usuario quisiera demostrar ante un tribunal que su partida de producto no llegó a destino, los registros de la cadena de bloques, a pesar de ser inmutables y seguros, no serían válidos como prueba. Cómo se manejarán los intercambios de información en plataformas descentralizadas, quién es el dueño de la información en una plataforma a la que todos tenemos acceso por igual o qué tribunales resolverán potenciales disputas que afecten a los usuarios de una cadena de bloques localizados en diferentes jurisdicciones, son sólo algunas cuestiones básicas que aún quedan por definir y que no están siendo reguladas. Avanzar en la legislación de estos temas es un paso fundamental para los negocios actuales y futuros que quieran beneficiarse de esta tecnología.

En un sector de la comunidad de desarrolladores de contratos inteligentes está instalada la idea que al automatizarse los contratos ya no se requerirán abogados. Por el contrario, los letrados serán quienes diseñen los contratos (Smart Contracts Alliance y Deloitte, 2016). Veinte años atrás era necesario contratar un programador para levantar un sitio web, hoy esta tarea es algo trivial y es perfectamente realizable por alguien sin conocimientos técnicos simplemente siguiendo un tutorial. Por tanto, uno de los desafíos futuros es conseguir desarrollar plataformas que permitan a un abogado sin habilidades técnicas poder desarrollar un contrato inteligente e implementarlo en la cadena de bloques sin intervención de un ingeniero en sistemas. Estos contratos deben tener en consideración los siguientes puntos:

- Tener los términos y condiciones visibles.
- Estos términos deben haber sido acordados previamente.
- Estos términos no deben ser difíciles de visualizar para los participantes del contrato.

Conclusiones

A partir del estudio y la investigación realizada en este trabajo, se puede determinar que la actual cadena de suministros centralizada de precursores químicos presenta limitaciones y problemas. La falta de visibilidad y transparencia en sus operaciones, la inseguridad que representa tener toda la información sensible en un servidor central y especialmente la imposibilidad de conocer en tiempo real quién tiene y dónde está el producto en un momento determinado, son los puntos más críticos que afectan actualmente a la red gestionada por el Registro.

En este trabajo se propone implementar un sistema basado en una cadena de bloques distribuida que, mediante contratos inteligentes, permita gestionar la cadena de suministros de precursores químicos. El nuevo sistema de trazabilidad permite conocer en tiempo real las propiedades *Quién, Qué, Dónde y Cuándo* de un producto o lote de productos. A continuación, se muestra el análisis FODA de la propuesta de este trabajo para la cadena de suministros químicos argentina basada en contratos inteligentes.

Las amenazas están representadas por la resistencia al cambio que esta innovación debe enfrentar. La forma de relacionarse con los socios de un negocio se verá afectada por la implementación de la nueva tecnología, los auditores que antes tenían que esperar tres meses por una declaración de movimientos ahora las tendrán en tiempo real. La dinámica de la relación entre laboratorios, transportistas, el Registro y el resto de los actores de la cadena de suministros se verá alterada. La última gran amenaza es inherente a cualquier tecnología innovadora y es la posibilidad de su propio fracaso, que puede ser tecnológico, por falta de adopción, por mala comunicación o educación sobre sus usos y funciones, por resultar costosa o por fallar al momento de implementarse en el mundo real. Al día de hoy, la tecnología sobre la que se apoya el sistema propuesto no muestra signos que indiquen esta posibilidad, por el contrario, y como se refleja en la bibliografía estudiada para la elaboración de este trabajo, hay cada día más investigaciones en curso y nuevas startups llevan adelante proyectos innovadores con cadenas de bloques y contratos inteligentes.

Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos modelos de negocios • Cadena de Bloques + Internet de las Cosas 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia al cambio • Fracaso de la tecnología
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad • Integridad • Transparencia • Visibilidad • Trazabilidad punto a punto • Inmutabilidad • Irreversibilidad • Precisión en las transacciones • Rápidas actualizaciones • Menor riesgo de ejecución • Reducción de costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Escalabilidad • Privacidad y transparencia • Irreversibilidad • Ausencia de marco regulatorio

Las debilidades más importantes están en los problemas de escalabilidad, un escollo que si no es solucionado por Ethereum podría llevarnos en el futuro a cambiar por otra plataforma que sí lo solucione. La irreversibilidad de las transacciones en la cadena de bloques plantea un desafío para la comunidad de desarrolladores que deben encontrar una solución segura y eficiente para los casos en que ambas partes de una transacción acuerden modificar una operación o cambiar el código de un contrato inteligente, una práctica común en los negocios reales. La discusión y aprobación de un marco regulatorio nacional es un tema que debe ser abordado y resuelto antes de poder implementar un sistema como el propuesto en este trabajo. Nuevas regulaciones tendrán que comenzar a ser legisladas para poder brindar un marco jurídico seguro a las personas y organizaciones que deseen invertir sus recursos en esta tecnología, entre ellos el Registro. Para el problema de la privacidad y transparencia cada plataforma podrá brindar su propia solución al tema o dar diferentes enfoques, algunas serán más privadas y otras tendrán mayor visibilidad o serán públicas. Cambiar entre unas y otras es relativamente sencillo.

El sistema propuesto tiene un número significativo de fortalezas, aquí solo se listan las principales que permiten pensar que la implementación de esta innovación en la Argentina es viable. Reconstruir la historia completa de un producto es sencillo al quedar registrado todos sus movimientos y la inmutabilidad de la red vuelve a los mismos inmodificables. Las características de seguridad de la cadena de bloques dan mayores garantías que la arquitectura actual y permitirán brindar a los usuarios mayor confianza en el sistema. La transparencia es inherente al sistema y resolver la tensión entre esta y la privacidad es algo que debe decidir el ente regulador. La visibilidad es completa a lo largo de toda la cadena de suministros y en todas direcciones. La irreversibilidad, una debilidad como se vio previamente, es también una fortaleza que blindará el sistema contra operaciones poco claras y asegura la integridad de la información. Las transacciones son muy precisas, hay poco riesgo de que algo pueda ir mal durante la ejecución de una operación y los costos se reducen al eliminarse toda la burocracia que actualmente es necesaria para informar el traslado de una partida de cualquier sustancia química controlada.

Entre las principales oportunidades están la combinación del Internet de las Cosas y la cadena de bloques como paso lógico para el desarrollo de un sistema de trazabilidad integral y con una dependencia mínima del factor humano. No se puede dejar de lado la oportunidad de desarrollo de nuevos modelos de negocios entre los actores de la cadena de suministros de precursores químicos de la Argentina. Dadas las condiciones actuales del sector de los precursores químicos en nuestro país, y en base a lo analizado en este trabajo resulta viable implementar un nuevo sistema de trazabilidad basado en la cadena de bloques de Ethereum para el control de las sustancias químicas controladas a lo largo de toda su cadena de suministro.

Referencias bibliográficas

- Alton, E. (2016). *Blockchains. The Beginner's Guide to the Economy-Revolutionizing Technology*. Amazon.
- ATIS. (2001). Distributed Database. *ATIS Telecom Glossary*. Recuperado a partir de <http://www.atis.org/glossary/definition.aspx?id=7346>
- Atzei, N., Bartoletti, M., y Cimoli, T. (2017). A survey of attacks on Ethereum smart contracts (Vol. 10204, pp. 164-186). Presentado en Proceedings of the 6th International Conference on Principles of Security and Trust, New York, USA: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54455-6_8
- Back, A., Corallo, M., Dashjr, L., Friedenbach, M., Miller, A., Timón, J., ... Wuille, P. (2014). *Enabling Blockchain Innovations with Pegged Sidechains*. Recuperado a partir de <https://blockstream.com/sidechains.pdf>
- Batthyány, K., y Cabrera, M. (2011). *Metodología de la investigación en Ciencias Sociales. Apuntes para un curso inicial*. Uruguay: Comisión Sectorial de Enseñanza de la UdelaR.
- BBVA Research. (2015). Smart Contracts: ¿lo último en automatización de la confianza? *Situación Economía Digital*. Recuperado a partir de https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2015/10/Situacion_Ec_Digital_Oct15_Cap1.pdf
- Bogart, S., y Rice, K. (2015). *The Blockchain Report: Welcome to the Internet of Value*. Needham Insights. Recuperado a partir de <https://needham.bluematrix.com/sellside/EmailDocViewer?encrypt=4aaafaf1-d76e-4ee3-9406-7d0ad3c0d019&mime=pdf&co=needham&id=sbogart@needhamco.com&source=>

mail&utm_content=buffer0b432&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

- Bolaños, R. (2014). *Psicotrópicos y Estupefacientes. Visión Farmacológica y Normativa*. ANMAT. Recuperado a partir de <http://www.anmat.gov.ar/ssce/Libro-psicotropicos-estupefacientes.pdf>
- Bonanni, L. (2011). Sourcemap: Eco-Design, Sustainable Supply Chains, and Radical Transparency. *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students - Green Technologies*, 17(4), 22-26. <https://doi.org/10.1145/1961678.1961681>
- Boroujerdi, R., y Wolf, C. (2015). *What if I Told You...* (Emerging Theme Radar) (pp. 3-5). The Goldman Sachs Group.
- Buterin, V. (2013). Una nueva generación de Contratos Inteligentes y Plataforma para Aplicaciones Descentralizada. Recuperado a partir de <https://es.linkedin.com/pulse/ethereum-whitepaper-traducido-al-castellano-santiago-márquez-solís>
- Buterin, V. (2014). *Ethereum White Paper. A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform*. ethereum.org. Recuperado a partir de <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper#ethereum>
- Buterin, V. (s. f.). Vitalik Non-giver of Ether [Red Social]. Recuperado 13 de septiembre de 2018, a partir de <https://twitter.com/vitalikbuterin/status/942960177036140544?lang=en>
- Carroll, T. (2010). *The Smarter Supply Chain of the Future: Global Chief Supply Chain Officer Study* (Executive). IBM. Recuperado a partir de https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?infotype=PM&subtype=XB&appname=GBSE_GB_TI_USEN&htmlfid=GBE03163USEN&attachment=GBE03163USEN.PDF

- Celeste, B. (2017). Is Blockchain The Solution To Drug Traceability? *Life Science Leader*. Recuperado a partir de <https://www.lifescienceleader.com/doc/is-blockchain-the-solution-to-drug-traceability-0001>
- Chen, I., y Paularaj, A. (2004). Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework. *International Journal of Production Research*, 42(1), 131-163. <https://doi.org/10.1080/00207540310001602865>
- Christensen, C., y Raynor, M. (2003). *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Christidis, K., y Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>
- Christopher, M. (1992). *Logistics: The strategic issues*. Londres: Chapman and Hall.
- Civeira, G. (2004). *Trazabilidad en carnes vacunas: un análisis marginal de sus costos*. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudio de Posgrado, Buenos Aires.
- Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Sanjeev, V., y Kalyanaraman, V. (2016). BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2, 19.
- CSCMP, Gibson, B., Hanna, J., Defee, C., y Chen, H. (2013). *Definitive Guide to Integrated Supply Chain Management, The: Optimize the Interaction between Supply Chain Processes, Tools, and Technologies* (1st ed.). Pearson FT Press.
- Decreto. Control de Precursores y Sustancias Químicas Esenciales para la Elaboración de Estupefacientes, Pub. L. No. 1.095/96 (1996). Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/35000-39999/39624/texact.htm>
- Decreto. Control de Precursores y Sustancias Químicas Esenciales para la Elaboración de Estupefacientes, Pub. L. No. 1161 /2000 (2000). Recuperado a partir de

- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/65000-69999/65309/norma.htm>
- Ethereum. (2018). Solidity 0.4.17 documentación. Ethereum Foundation. Recuperado a partir de <https://eleanarey.github.io/solidity-en-español/>
- FAO, y OMS. (2012). Principios para la rastreabilidad/rastreo de productos como herramienta en el contexto de la inspección y certificación de alimentos (CAC/GL 60-2006). En *Codex Alimentarius. Sistemas de inspección y certificación de importaciones y exportaciones de alimentos* (5.ª ed., pp. 114-117). Roma: FAO y OMS. Recuperado a partir de http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Inspection/CCFICS_2012_ES.pdf
- Financial Times, O. (2016). How Blockchain works. Oxfam/Financial Times. Recuperado a partir de <https://www.ft.com/blockchain>
- Gartner. (2017). Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017. Gartner. Recuperado a partir de <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- Gendal Brown, R., Carlyle, J., Grigg, I., y Hearn, M. (2016). Corda: An Introduction. R3 CEV.
- Hillborn, E., y Tillström, T. (2016). Applications of smart-contracts and smart-property utilizing blockchains. Gotemburgo. Recuperado a partir de <http://www.the-blockchain.com/docs/Applications%20of%20smart-contracts%20and%20smart-property%20utilizing%20blockchains.pdf>
- Honorable Congreso de la Nación Argentina. Modificación al Código Penal. Narcotráfico, Pub. L. No. 23737 (1989). Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/138/norma.htm>

- Honorable Congreso de la Nación Argentina. Convenciones - Estupefacientes, Pub. L. No. 24072 (1992). Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/471/norma.htm>
- Honorable Congreso de la Nación Argentina. Registro Nacional de Precursos Químicos. Su Creación, Pub. L. No. 26045 (2005). Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/105000-109999/107623/norma.htm>
- ISO. (1994). *Norma Internacional ISO 8402:1994*. ISO.
- ISO. (2000). *Norma Internacional ISO 9000:2000*. ISO. Recuperado a partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en>
- ISO. (2007). *Norma Internacional ISO 22005:2007*. ISO. Recuperado a partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22005:ed-1:v1:es>
- Korpela, K., Hallikas, J., y Dahlberg, T. (2017). Digital Supply Chain Transformation toward Blockchain Integration. Presentado en 50th Hawaii International Conference on System Sciences, Honolulu: University of Hawai'i at Manoa. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10125/41666>
- La Londe, B., y Masters, J. (1994). Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(7), 35-47. <https://doi.org/10.1108/09600039410070975>
- Lambert, D., Stock, J., y Ellram, L. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill.
- Lee, S. (2018, abril 19). Bitcoin's Energy Consumption Can Power An Entire Country -- But EOS Is Trying To Fix That [Business]. Recuperado 13 de septiembre de 2018, a partir de <https://www.forbes.com/sites/shermanlee/2018/04/19/bitcoins-energy-consumption-can-power-an-entire-country-but-eos-is-trying-to-fix-that/#39ee02ab1bc8>

- Litecoin Wiki contributors. (2018). *Script*. Litecoin Wiki. Recuperado a partir de <https://litecoin.info/index.php?title=Script&oldid=17>
- Maestre, D., y Barreiro, E. (2017). *Precursores químicos. Manual básico*. Argentina: Secretaría de Seguridad. Recuperado a partir de <http://www.renpre.gov.ar/pdfs/tutoriales/manualBasicoPeQuim.pdf>
- Mazières, D. (2016). *The Stellar Consensus Protocol: A Federated Model for Internet-level Consensus*. Stellar Development Foundation. Recuperado a partir de <https://www.stellar.org/papers/stellar-consensus-protocol.pdf>
- Mazin, G., y De Simoni, F. (2018). Uso de Blockchain en Salud: el ejemplo de Emiratos Árabes Unidos. *Actualidad Aseguradora*, (6). Recuperado a partir de <https://future.inese.es/uso-de-blockchain-en-salud-el-ejemplo-de-emiratos-arabes-unidos/>
- Mending, J., Weber, I., Wil van der Aalst, Jan vom Brocke, Cabanillas, C., Daniel, F., ... Reijers, H. (2018). Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities. *ACM Trans. Manag. Inform. Syst*, 9, 16. <https://doi.org/0000001.0000001>
- Mentzer, J., DeWitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., y Zacharia, Z. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1-25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Milani, F., García-Bañuelos, L., y Dumas, M. (2016, octubre 3). Blockchain and Business Process Improvement. Recuperado 18 de agosto de 2018, a partir de <https://www.bptrends.com/blockchain-and-business-process-improvement/>
- Moreno, I. S. (2016). La Revolución de la Tecnología de las Cadenas de Bloques. Impacto en los Sectores Económicos. Universidad de Sevilla. Recuperado a partir de <http://ssrn.com/abstract=2846816>

- Mougayar, W. (2016). The Next Phase of the Blockchain is About Business and Innovation. Recuperado 25 de noviembre de 2018, a partir de <http://startupmanagement.org/2016/09/04/the-next-phase-of-the-blockchain-is-about-business-and-innovation/>
- Naciones Unidas. (1988). Convención de las Naciones Unidas Contra el Tráfico Ilícito de Estupefacientes y Sustancias Sicotrópicas, 1988. Naciones Unidas. Recuperado a partir de https://www.unodc.org/pdf/convention_1988_es.pdf
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: Un Sistema de Efectivo Electrónico Usuario-a-Usuario. Recuperado a partir de <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- NAL. (2014). 2014 NAL Thesaurus. *2014 NAL Thesaurus*. Beltsville: National Agricultural Library. Recuperado a partir de <https://definedterm.com/a/document/10744>
- Pettersson, J., y Edström, R. (2016). *Safer smart contracts through type-driven development* (Master's thesis in Computer Science). Chalmers University of Technology, Gotemburgo, Suecia.
- Ream, J., Chu, Y., y Schatsky, D. (2016). Upgrading blockchains: Smart contract use cases in industry. Deloitte University Press.
- RenPre. Resolución 900/2012, Pub. L. No. 900/2012 (2012). Recuperado a partir de http://www.renpre.gov.ar/pdfs/reso_y_dispo/2012_resolucion_900_12.pdf
- RenPre. (2013). Flujo de Registración de Usuarios. Registro Nacional de Precursores Químicos. Recuperado a partir de http://renpre.servicios.pami.org.ar/portal_traza_renpre/index.html
- RenPre. (2014a). *Manual de Procedimientos del Registro Nacional de Precursores Químicos*. Registro Nacional de Precursores Químicos. Recuperado a partir de <http://www.renpre.gov.ar/pdfs/tutoriales/manual-proc-renpre.pdf>

- RenPre. (2014b). *Manual. Sistema Nacional de Trazabilidad de Precursores Químicos*.
Presidencia de la Nación Argentina. Recuperado a partir de
http://renpre.servicios.pami.org.ar/portal_traza_renpre/pdfs/manual_trazabilidad.pdf
- RenPre. (s. f.). Guía de Funcionamiento. Presidencia de la Nación Argentina. Recuperado a
partir de
http://renpre.servicios.pami.org.ar/portal_traza_renpre/pdfs/guia_de_funcionamiento.pdf
- Ross, E. S. (2017, mayo 26). Nobody Puts Blockchain in a Corner: The Disruptive Role of
Blockchain Technology in the Financial Services Industry and Current Regulatory
Issue. *Catholic University Journal of Law and Technology*, 25(2). Recuperado a
partir de <https://scholarship.law.edu/jlt/vol25/iss2/7/>
- Santander, A. (2018). Precursores químicos: cómo es el camino de las drogas duras en la
Argentina. *Infobae*. Recuperado a partir de
<https://www.infobae.com/sociedad/policiales/2018/03/25/precursores-quimicos-como-es-el-camino-de-las-drogas-duras-en-la-argentina/>
- Schumpeter. (2016). Not-so-clever contracts. *The Economist*. Recuperado a partir de
<https://www.economist.com/business/2016/07/28/not-so-clever-contracts>
- Schwab, K. (2015). The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to
Respond. *Foreign Affairs*. Recuperado a partir de
<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
- SEDRONAR. I.F.A. - Ingrediente Farmacéutico Activo, 979/2008 § (2008). Recuperado a
partir de http://www.renpre.gov.ar/pdfs/reso_y_dispo/2008_resolucion_979-2008_ifa.pdf

- SEDRONAR. Resolución sobre Pequeños Operadores, 1227/10 § (2010). Recuperado a partir de http://www.renpre.gov.ar/pdfs/reso_y_dispo/2010_resolucion_1227-2010.pdf
- Serafin, G., y Walkush, L. (2018). Is Blockchain The Right Technology For The Pharma Supply Chain? *Life Science Leader*. Recuperado a partir de <https://www.lifescienceleader.com/doc/is-blockchain-the-right-technology-for-the-pharma-supply-chain-0001>
- Smart Contracts Alliance, y Deloitte. (2016). Smart Contracts: 12 Use Cases for Business & Beyond. A Technology, Legal & Regulatory Introduction — Foreword by Nick Szabo. Chamber of Digital Commerce.
- Swan, M. (2015). *BlockChain. Blueprint for a New Economy* (1ª). California: O'Reilly.
- Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, 2(9). <http://dx.doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>
- Todt, O. (2008). Entre demanda social y regulación: la seguridad alimentaria. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 4(10). Recuperado a partir de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132008000100012
- Tripier, B. (2008). La gerencia del cambio y el compromiso de la gente [deGerencia.com]. Recuperado 27 de enero de 2019, a partir de https://degerencia.com/articulo/la_gerencia_del_cambio_y_el_compromiso_de_la_gente/
- UIF. Prevención del lavado de activos y de la financiación del terrorismo, Resolución 300/2014 § (2014). Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/230000-234999/231930/norma.htm>

- United Nations Global Compact, y BSR. (2014). A Guide to Traceability A Practical Approach to Advance Sustainability in Global Supply Chains. UN Global Compact Office. Recuperado a partir de https://www.unglobalcompact.org/docs/issues_doc/supply_chain/Traceability/Guide_to_Traceability.pdf
- Wall, E., y Malm, G. (2016). *Using Blockchain Technology and Smart Contracts to Create a Distributed Securities Depository* (Maestría). Department of Electrical and Information Technology Lund University, Suecia. Recuperado a partir de <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8885750>
- Watkins, M. (2013). *The First 90 Days*. Boston, MA: Harvard Business Review Press.
- Wood, G. (2018). *Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger Byzantium Version*. Recuperado a partir de <https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf#appendix.J>
- Wüst, K., y Gervais, A. (2017). *Do you need a Blockchain?* Zurich, Suiza: Department of Computer Science.
- Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Chen, S., Gramoli, V., Ponomarev, A., y Tran, A. B. (2016). The Blockchain as a Software Connector (pp. 182-191). <https://doi.org/10.1109/WICSA.2016.21>

Bibliografía

- Aguzzi, J., Sarriá, D., Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., y Menesatti, P. (2013). A Review on Agri-food Supply Chain Traceability by Means of RFID Technology. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 353-366. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0958-7>
- Borsotti, C. A. (2015). *Temas de metodología de la investigación en ciencias sociales empíricas*. Madrid: Miño Dávila. Recuperado a partir de <https://dptocomunicacionunsj.files.wordpress.com/2013/02/carlos-borsotti-temas-de-metodologc3ada-de-la-investigac3b3n-en-las-ciencias-sociales-empc3adricas.pdf>
- Eco, U. (1977). *Como se hace una tesis*. Barcelona, España: Gedisa.
- Kim, H., y Laskowski, M. (2016). Towards an Ontology-Driven Blockchain Design for Supply Chain Provenance. Presentado en Workshop on Information Technology and Systems (WITS), Dublin, Irlanda.
- Korpela, K., Mikkonen, K., Hallikas, J., y Pynnönen, M. (2016). Digital Business Ecosystem Transformation: Toward Cloud Integration (pp. 3959-3968). Presentado en 49th Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.491>
- Kosba, A., Miller, A., Shi, E., Wen, Z., y Papamanthou, C. (2016). Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts (pp. 839-858). Presentado en 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), San Jose, CA, USA. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/SP.2016.55>

- Mackey, T., y Nayyar, G. (2017). A review of existing and emerging digital technologies to combat the global trade in fake medicines. *Expert Opinion on Drug Safety*.
<https://doi.org/10.1080/14740338.2017.1313227>
- Mainelli, M., y Milne, A. (2016). The Impact and Potential of Blockchain on the Securities Transaction Lifecycle. SWIFT Institute. Recuperado a partir de
<https://swiftinstitute.org/research/the-impact-and-potential-on-the-securities-transaction-lifecycle/>
- New, S. (2010). The Transparent Supply Chain. Harvard Business Review, (October 2010). Retrieved from <https://hbr.org/2010/10/the-transparent-supply-chain>
- Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P., y Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO, Colección Campus Virtual. Recuperado a partir de
<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/campus/metodo/RSPrologo.pdf>
- Wainerman, C., y Sautu, R. (1997). *La trastienda de la investigación*. Buenos Aires: Editorial de Belgrano.
- Warren, W., y Bandevali, A. (2017). *Ox: An open protocol for decentralized exchange on the Ethereum blockchain*. Recuperado a partir de
https://0xproject.com/pdfs/0x_white_paper.pdf

Glosario

Cadena de bloques: es una base de datos transaccional globalmente compartida.

Cadena de suministros: un conjunto de tres o más entidades (organizaciones o individuos) directamente involucradas en los flujos ascendentes y descendentes de productos, servicios, finanzas y/o información desde su origen hasta un cliente.

Consenso: refiere al proceso por el cual los participantes llegan a un acuerdo sobre el estado de la información. Cada red implementa su propio protocolo de consenso o utiliza alguno ya existente.

Contratos inteligentes: son programas informáticos que permiten formalizar acuerdos y transacciones entre desconocidos sin necesidad de un intermediario y que están guardados en una dirección específica de la cadena de bloques determinada al momento de implementar el contrato.

Descentralización: significa que las decisiones no son tomadas en un solo punto de la red. Un sistema descentralizado es un caso particular de un sistema distribuido.

Distribuido: un recurso o elemento es distribuido cuando se encuentra alojado en múltiples destinos.

I+D: Investigación y Desarrollo en ciencias aplicadas y en ciencias básicas aplicado al desarrollo de ingeniería.

Minero: son los nodos encargados de brindar el poder de cómputo necesario para incluir los bloques y hacer funcional la red.

Nodo: es una computadora conectada a la Red Bitcoin usando un software cliente que realiza la tarea de validar y retransmitir la transacción.

Precursores químicos: sustancias o productos químicos autorizados y que por sus características o componentes puedan servir de base o ser utilizados en la elaboración de estupefacientes.

Red Ethereum: es una red internacional punto a punto de nodos públicos en la que los participantes guardan y ejecutan programas embebidos en una máquina virtual.

Trazabilidad: es la aptitud de reconstruir la historia, uso o la localización de un producto por medio de identificaciones registradas.

Anexo A: Lista de Precursores Químicos

A continuación, se anexan las Listas I, II y III actualizadas por el Decreto 743¹³ publicado en el Boletín oficial con fecha 13 de agosto de 2018.

Lista I: de control obligatorio. Las sustancias incluidas en esta lista tienen un control más riguroso que las incluidas en la Lista II.

LISTA I

N.C.M.	SUSTANCIA	SINÓNIMO
1211.90.90	Comezuelo de Centeno	
2806.10.10 2806.10.20	Ácido Clorhídrico	Ácido Muriático, Cloruro de Hidrógeno
2807.00.10 2807.00.20	Ácido Sulfúrico	Sulfato de Hidrogeno
2841.61.00	Permanganato de Potasio	
2909.11.00	Éter Etilico	Éter Sulfúrico, Oxido de Etilo, Éter Dietílico
2914.11.00	Acetona	Propanona
2914.12.00	Metil Etil Cetona	Butanona, MEK
2914.31.00	1-Fenil-2-Propanona	P-2-P
2915.24.00	Anhidrido Acético	
2924.22.00	Ácido N-acetiltranílico y sus sales	2 carboxiacetalinida
2932.91.00	Isosafrol y sus isómeros ópticos	
2932.92.00	3.4-Metilenodioxifenil-2-propanona	
2932.93.00	Piperonal	Heliotropina
2932.94.00	Safrol	
2939.41.00	Efedrina, sus sales, isómeros ópticos y sus sales de isómeros ópticos	
2939.42.00	Seudoefedrina, sus sales, isómeros ópticos y sus sales de isómeros ópticos	Isoefedrina
2939.49.90	Fenilpropanolamina, sus sales, isómeros ópticos y sus sales de isómeros ópticos	
2939.61.00	Ergometrina y sus sales	Ergonovina y sus sales
2939.62.00	Ergotamina y sus sales	
2939.63.00	Ácido Lisérgico	

N.C.M.: Nomenclatura Común del Mercosur

13 Decreto 743: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/313345/norma.htm>

Lista II: de control obligatorio. Las sustancias incluidas en esta lista tienen un control más laxo que las incluidas en la Lista I.

LISTA II

N.C.M.	SUSTANCIA	SINÓNIMO
2814.10.00 2814.20.00	Amoniaco Anhidrido o en disolución acuosa	
2815.11.00 2815.12.00	Hidróxido de Sodio	Soda Cáustica
2815.20.00	Hidróxido de Potasio	Potasa Cáustica
2922.43.00	Ácido o-aminobenzoico y sus sales	Ácido antranílico y sus sales
2833.11.10 2833.11.90	Sulfato de Sodio	Sulfato Disódico
2836.20.10 2836.20.90	Carbonato de Sodio	Carbonato Neutro de Sodio, Soda Solvay
2836.40.00	Carbonato de Potasio	Carbonato Neutro de Potasio
2902.11.00	Hexano	Hexano Normal
2902.20.00	Benceno	
2902.30.00	Tolueno	Metilbenceno
2902.41.00 2902.42.00 2902.43.00 2902.44.00	Xilenos	1,2-Dimetilbenceno, 1,3 Dimetilbenceno 1,4 Dimetilbenceno
2903.12.00	Cloruro de Metileno	Diclorometano
2914.13.00	Metil Isobutil Cetona	Isopropil acetona, MIBK
2915.21.00	Ácido Acético	
2915.31.00	Acetato Etilico	
2916.34.00	Ácido Fenilacético y sus sales	
2933.32.00	Piperidina	

N.C.M.: Nomenclatura Común del Mercosur

Lista III: de control voluntario.

LISTA III

N.C.M.	SUSTANCIA	SINÓNIMO
2207.10.00	Alcohol Etilico	Etanol
2710.00.31 2710.00.39	Kerosene	Kerosina
2801.20.10 2801.20.90	Yodo	
2811.29.00	Acido Yodhidrico	
2825.90.90	Hidróxido de Calcio	Hidrato Cálcico, Hidrato de Cal
2825.90.90	Oxido de Calcio	Cal, Cal viva
2827.10.00	Cloruro de Amonio	Muriato de Amonia
2903.22.00	Tricloroetileno	
2903.29.00	Cloruro de Acetilo	Cloruro de Etanoilo
2903.69.11	Cloruro de Bencilo	Clorometilbenceno, alfaclorotolueno
2904.20.70	Nitroetano	
2905.11.00	Alcohol Metilico	Metanol; Carbinol, Alcohol de Madera
2905.12.20	Alcohol Isopropilico	Alcohol Isopropilico 2, 2-propanol, Isopropanol, dimetilcarbonilo
2905.14.10	Alcohol Isobutilico	2-Metil-1-Propanol
2921.11.00	Metilamina	Monometilamina
2912.21.00	Benzaldehido	Aldehido Benzoico, Aceite sintético de almendras amargas
2914.22.10	Ciclohexanona	Cetona Pimélica, Cetoexametileno
2915.11.00	Acido Fórmico, sales y sus derivados	Acido Metanoico
2915.90.90	Acetato Isopropilico	Acetato 2-propilico
2921.12.10	Dietilamina	Amina Dietilica
2924.10.90	Formamida	Metanamida
2926.90.99	Cianuro de Bencilo	Acetonitrilo de Benceno, 2-Fenilacetnitrilo
2926.90.99	Cianuro de Bromobencilo	Bromobenceno acetnitrilo

N.C.M.: Nomenclatura Común del Mercosur

Anexo B: Matriz Bibliográfica

Se adjunta en soporte físico una hoja Excel con el resumen de la bibliografía y palabras claves filtradas para el análisis del estado del arte.

Solicitud de constitución de Jurado para Defensa del TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA		Código de la Maestría M45
Nombre y apellido del alumno Leandro Ulises Sacco		Tipo y N° de documento de identidad 25.188.557
Año de ingreso a la Maestría – Ciclo 2016	Fecha de aprobación de la última asignatura rendida 28/11/2017	
Título del Trabajo Final Análisis de factibilidad e impacto de los contratos inteligentes en la trazabilidad de precursores químicos		
Solicitud del Director de Trabajo Final Comunico a la Dirección de la Maestría que el Trabajo Final bajo mi dirección se encuentra satisfactoriamente concluido. Por lo tanto, solicito se proceda constituir el correspondiente Jurado para su evaluación y calificación final. Firma del Director de Trabajo Final		
Aclaración.....		
Lugar y fecha.....		
Datos de contacto del Director		
Correo electrónico		Teléfonos
Se adjunta a este formulario: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo Final de Maestría impreso (indicar cantidad de copias presentadas) • CD con archivo del Trabajo Final en formato digital (versión Word y PDF) • Certificado analítico 		
Fecha	Firma del alumno	

PRESENTAR EN LA RECEPCIÓN DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Form. TFM v0