



**Universidad de San Andrés**

**Departamento de Derecho**

**Maestría en Propiedad Intelectual e Innovación**

**Trabajo Final**

***BLOCKCHAIN Y TRAZABILIDAD EN EL SECTOR DE LA YERBA  
MATE***

**Alumno: María Hilda Pretto**

**DNI: 27.190.141**

**Tutor: Dr. Mariano Municoy**

**Lugar y Fecha: Misiones, Argentina. Mayo de 2021**

**Universidad de San Andrés (UdeSA)**

Departamento de Derecho

*Maestría en Propiedad Intelectual e Innovación*



**Trabajo Final**

**BLOCKCHAIN Y TRAZABILIDAD EN EL SECTOR DE LA YERBA MATE**

**Alumno:** María Hilda Pretto

**DNI:** 27.190.141

**Tutor:** Dr. Mariano Municoy

**Lugar y Fecha:** Misiones, Argentina. Mayo de 2021

## Índice Temático

<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo I</b>	<b>3</b>
Justificación e interés de la investigación	
<b>Capítulo II</b>	<b>7</b>
La cadena de valor de la yerba mate	
<b>Capítulo III</b>	<b>15</b>
Blockchain y las Tecnologías de Registro Distribuido (TRD)	
<b>Capítulo IV</b>	<b>25</b>
La trazabilidad digital en el sector de los agronegocios	
<b>Capítulo V</b>	<b>39</b>
MateChain. La blockchain del mate	
<b>Capítulo VI</b>	<b>50</b>
Conclusiones	

Universidad de  
**San Andrés**

## **Abstract**

Las Tecnologías de Registro Distribuido son sistemas digitales de registro de transacciones con múltiples aplicaciones en variados sectores de la economía. Si bien estas tecnologías se encuentran en un estado incipiente de desarrollo han generado mucho entusiasmo por su potencial de transmitir valor sin intermediarios y por su capacidad de reflejar la "verdadera historia de la información". La incorporación de tecnologías de registro distribuido para registrar la trazabilidad de la yerba mate desde el productor primario hasta el consumidor final tendría el efecto de eliminar ineficiencias en la cadena de suministro, reducir costos de transacción innecesarios y aumentar la transparencia en el sector. El objetivo de este trabajo es analizar la cadena de valor de la yerba mate e identificar posibles carencias e ineficiencias que podrían salvarse utilizando tecnologías de registro distribuido así como las posibilidades que presenta blockchain para potenciar, dinamizar y poner en valor los signos distintivos de origen en el sector de la yerba mate.



Universidad de  
**San Andrés**

## CAPÍTULO I

### **1. Justificación e interés de la investigación**

En febrero de 2020 el mundo entero quedó paralizado por la irrupción del virus SARS COVID-19. La aparición de este “cisne negro” tuvo un impacto enorme en todos los sectores de la economía, la sociedad y el Estado, poniendo de manifiesto, entre otras muchas carencias y debilidades, la necesidad de acelerar el proceso de digitalización iniciado con la denominada Cuarta Revolución Industrial.

Para el sector agroalimentario el desafío es aún mayor. No sólo debe afrontar las demandas nutricionales de una población mundial creciente, promover prácticas agrícolas sustentables y mantener altos estándares de calidad y fitosanitarios, sino también reducir los costos de su cadena de suministro y aumentar los ingresos de los pequeños productores.

Estos dos últimos requerimientos, reducir costos y aumentar ingresos, son particularmente acuciantes para los pequeños productores del sector de la yerba mate. La mayoría de ellos no se encuentran integrados verticalmente y compiten en desigualdad de condiciones con las grandes corporaciones que sí tienen presencia en todos los niveles de la cadena de valor. Tal y como sucede con el café, el cacao, el arroz y otros alimentos, en el sector de la yerba mate los actores que participan en el extremo de la cadena de suministro más próximo al consumidor final son los que consiguen capturar mayor valor económico.

En este contexto, fortalecer los vínculos entre los pequeños productores y los consumidores finales, reduciendo intermediarios y costos innecesarios y ofreciendo información directa y en tiempo real sobre el origen y la trazabilidad del cultivo de yerba podría contribuir a aumentar la demanda y el valor de la yerba mate y a la vez mejorar los ingresos de los pequeños productores.

Dos herramientas podrían ser de enorme utilidad para conseguir este propósito, una de ellas de índole legal y la otra de índole tecnológica. Por un lado, los signos que identifican el producto y lo distinguen en el mercado, tales como las marcas comerciales, las marcas de certificación, las indicaciones geográficas y las denominaciones de origen, adquieren relevancia como factor distintivo para alimentos que, de otra manera, serían puramente *commodities*. Por otra parte, las Tecnologías de Registro Distribuido (TRD), entre las cuales citamos *blockchain* como el ejemplo más conocido, se revelan altamente valiosas por su potencial de registrar de forma rápida, segura y transparente el origen y la trazabilidad de casi cualquier activo tangible o intangible.

El mate es la infusión más consumida en la Argentina, muy por encima del café y del té. Cada año se consumen alrededor de 280 millones de kilos de yerba mate lo que implica un consumo anual per cápita de unos 6,4 kilos<sup>1</sup>. Sin embargo, la única forma de diferenciación que conoce el público consumidor es a través de las marcas. La información relativa al origen geográfico, las técnicas de cultivo y producción así como los precios intermedios de la cadena de suministro son prácticamente desconocidos por los consumidores. Incluso las marcas son poco representativas, ya que si bien existen más de 200 marcas de yerba mate registradas en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial sólo el 10% de ellas concentran el 90% del mercado<sup>2</sup>. En el ámbito internacional, la yerba mate argentina está protegida y se diferencia de la yerba de Paraguay o Brasil por la Indicación Geográfica Yerba Mate Argentina (IGYMA) reconocida por Resolución N° 13/2016 del Ministerio de Agroindustria de la Nación. La IGYMA valida la existencia de un vínculo geográfico, histórico y humano del cultivo de yerba mate con el territorio de Misiones y norte de Corrientes, sin embargo, no

---

<sup>1</sup> <https://yerbamateargentina.org.ar/publicaciones/cadena-de-valor/>

<sup>2</sup> Taragüí (Las Marías); Rosamonte (Hreñuk); Amanda (La Cachuera); Cruz de Malta y Nobleza Gaucha (de Molinos Río de la Plata); La Tranquera (Llorente); Playadito (Cooperativa Liebig); Piporé (Coop. Santo Pipo); Aguantadora (Coop. Montecarlo) y Andresito (Coop. Andresito).

permite al consumidor final identificar una variedad de datos relacionados con el origen del cultivo, la identidad del productor, las técnicas de cultivo, los fertilizantes utilizados, identidad del establecimiento que procesó la hoja verde, método de secado, molino, distribución y comercialización, entre otros.

## **2. Hipótesis, objetivo y contribución**

Este trabajo plantea la hipótesis de que la incorporación de tecnologías de registro distribuido para registrar la trazabilidad de la yerba mate desde el productor primario hasta el consumidor final tendría el efecto de eliminar ineficiencias en la cadena de suministro, reducir costos de transacción innecesarios y aumentar la transparencia en el sector, de manera que todos los actores tengan acceso a información cierta en tiempo real.

El objetivo de este trabajo es analizar la cadena de valor de la yerba mate e identificar posibles carencias e ineficiencias que podrían salvarse utilizando tecnologías de registro distribuido así como las posibilidades que presenta blockchain para potenciar, dinamizar y poner en valor los signos distintivos de origen en el sector de la yerba mate.

La contribución de este trabajo consiste en sentar las bases para el desarrollo de una plataforma digital basada en blockchain que permita identificar, mediante un código QR incluido en el envase de yerba mate, el origen geográfico exacto de la yerba mate contenida en ese paquete, la identidad del productor que realizó el cultivo y la cosecha, el establecimiento y el método de secado, el molino que realizó la molienda, envasado y comercialización, en su caso, así como los precios intermedios en la cadena desde la hoja verde hasta el paquete en la góndola.

## **3. Metodología**

La aplicación de las tecnologías de registro distribuido al sector de los agronegocios todavía es muy incipiente y en muchos casos no se ha superado la fase de prueba de concepto. En el

desarrollo de este trabajo se utilizaron diversas fuentes de doctrina provenientes de artículos científicos y organismos especializados, estudio de casos de empresas *early adopters* que comenzaron a implementar blockchain en proyectos piloto para registrar datos en sus cadenas de suministro y análisis de *whitepapers* de las blockchain más relevantes.



Universidad de  
**San Andrés**



## CAPÍTULO II

### **1. La cadena de valor de la yerba mate**

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) es un árbol originario de América del Sur que en estado salvaje puede llegar hasta los 20 metros de altura. El conocimiento de las propiedades medicinales y alimentarias de la yerba mate proviene de los pueblos guaraníes que la veneraban como una planta sagrada (Caá<sup>3</sup>). Más tarde, los misioneros jesuitas documentaron la existencia y cualidades de la planta, su producción y consumo, pero los verdaderos impulsores del cultivo a gran escala de la yerba mate fueron los inmigrantes, especialmente del centro y este de Europa, que llegaron a Misiones a fines del siglo XIX.

El área de producción de la planta es muy restringida y sólo se la encuentra en estado silvestre o en plantaciones cultivadas en la zona delimitada al este por el Océano Atlántico y al oeste por el Río Paraguay, entre los 18 y 30 grados de Latitud Sur. Argentina, Brasil y Paraguay son actualmente los únicos países del mundo productores de yerba mate. Los ensayos de implantación efectuados en regiones de igual clima en América del Norte, África y Asia han sido infructuosos hasta el momento. Argentina, a su vez, se posiciona como el primer productor mundial y ha desarrollado el complejo productivo más avanzado tecnológicamente.

En nuestro país la zona productora abarca la totalidad de la provincia de Misiones y noreste de Corrientes. Esta región cuenta con una serie de características agroecológicas tales como suelos profundos, de color rojo intenso, ácidos y de mediana fertilidad, con clima subtropical húmedo que posibilita el desarrollo exitoso de las plantaciones.

En Misiones, las plantaciones de yerba mate se encuentran distribuidas en la totalidad de su territorio. En Corrientes la zona productora se restringe exclusivamente a los departamentos

---

<sup>3</sup>Según la leyenda guaraní la yerba mate es una planta enviada por Tupá para celebrar la amistad y la hospitalidad.

de Ituzaingó y Santo Tomé. En total ambas provincias producen más de 700.000 toneladas de hoja verde por año, de las cuales el 90% corresponde a la provincia de Misiones y el 10% a la provincia de Corrientes<sup>4</sup>.

El cultivo de yerba mate está presente además en Paraguay y Brasil, principalmente en las regiones de Itapúa y Río Grande do Sul, respectivamente. La especie cultivada es *Ilex paraguariensis* al igual que en Argentina, pero se diferencian principalmente en las formas de estacionamiento, molienda y consumo final. En Brasil la yerba mate se consume fresca, sin estacionamiento, la molienda es muy fina y casi sin palo. En Paraguay la yerba mate se consume estacionada y canchada (picado grueso) mezclada con hierbas aromáticas o medicinales en infusiones frías (tereré) o calientes. Uruguay no produce yerba mate pero es uno de los principales consumidores. La yerba con destino a Uruguay proviene generalmente de Brasil, está estacionada y tiene molienda muy fina sólo con un 5% de contenido de palo.

En Argentina, el sector de la yerba se encuentra regulado por el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) creado en 2002 por Ley 25.564. EL INYM realiza publicaciones estadísticas mensuales donde recoge los datos relativos a la cantidad de hoja verde cosechada (que proviene de las declaraciones juradas que están obligados a presentar mensualmente los productores), la cantidad de yerba mate elaborada con salida a los mercados interno y externo y un análisis del volumen de ventas según el formato de presentación.

---

<sup>4</sup> Según datos del Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) el total de superficie cultivada en 2020 fue de 152.655,217 Has en Misiones y 22.164,884 Has en Corrientes.  
file:///E:/PC8462TC/Descargas/sup\_cultivada\_por\_depto.24julio2020.pdf

Según datos publicados por el INYM<sup>5</sup>, entre los meses de enero y diciembre de 2020 fueron procesados 812.995.722 Kilogramos de hoja verde, de los cuales se obtuvieron un total de 268.857.850 Kilogramos de yerba mate elaborada contabilizada a salida de molino con destino al mercado interno. El movimiento de yerba mate a salida de molino es el indicador más cercano al comportamiento de la yerba mate en góndola, ya que incluye tanto el volumen que se envía a los centros de distribución de las firmas yerbateras como las compras efectuadas por los mayoristas, hipermercados y supermercados.

En cuanto la yerba mate con salida al mercado externo, en el período enero-diciembre 2020 alcanzó los 42.905.744 Kilogramos, la mayoría con destino Uruguay (39%), Siria (33%), Chile (7,4%) y Estados Unidos (3,3%)<sup>6</sup>.

La producción primaria de yerba mate se encuentra fuertemente atomizada y se basa en la pequeña y mediana explotación, la mayor parte de tipo familiar<sup>7</sup>. De acuerdo al listado de operadores activos del INYM actualmente existen cerca de 12.000 productores de yerba mate, localizados casi totalmente en Misiones. Según el último informe de la Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo sobre la cadena de valor de la yerba mate<sup>8</sup> los productores con una superficie de menos de 10 hectáreas representan el 62 % del total y aportan el 26% de la hoja verde, los productores con una superficie entre 10 y 30 hectáreas

---

<sup>5</sup> <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/estadisticas/2020.html>

<sup>6</sup> Según datos del *Observatory of Economic Complexity* los principales exportadores mundiales de yerba mate son Argentina y Brasil, quienes concentran el 94% del volumen de exportación (USD 178 millones en 2017)

[https://oec.world/en/visualize/tree\\_map/hs92/export/show/all/0903/2017/](https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/export/show/all/0903/2017/)

<sup>7</sup> Un rasgo distintivo en Misiones en comparación con el resto del NEA es que la pequeña producción muestra una gran resistencia a desaparecer a pesar de las condiciones adversas en las que se desarrolla: limitaciones en tecnología, equipamiento productivo, relaciones asimétricas con los agentes y mercados, entre otras. Cf. Rodríguez, L. (2017) "El anhelo del Oro Verde: El sistema barbacuá en la industria de la yerba mate, Misiones 1970-2014". Estudios Rurales, Vol. 7 N°. ISSN 2250-4001 12. Buenos aires, p. 173

<sup>8</sup> Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la Nación. Subsecretaría de Planificación Económica. Dirección Nacional de Planificación Regional. Dirección nacional de Planificación Sectorial. Informes de Cadena de Valor: Yerba Mate. Año 1 N°17, Noviembre de 2016, ISSN 2525-0221

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe\\_cadena\\_de\\_valor\\_yerba\\_mate.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_yerba_mate.pdf)

representan el 28% del total y aportan el 26% de la producción de hoja verde y los productores con una superficie mayor a 30 hectáreas representan sólo el 10% del total pero aportan casi el 48% de la hoja verde.

En el proceso de producción se distinguen una etapa primaria agrícola y una etapa secundaria industrial. La etapa primaria comienza con la germinación de las semillas en los viveros especializados registrados en el Registro de Viveros de Yerba Mate creado por Resolución 1/2011 del INYM. Si bien los productores pueden germinar sus propias semillas obtenidas de sus yerbales, el único proveedor de semillas de yerba mate mejoradas genéticamente es el Banco de Germoplasma de yerba mate y té de la Estación Experimental del INTA ubicado en la localidad de Cerro Azul, Misiones. El INTA es titular de doce variedades vegetales nuevas de yerba mate registradas en el Registro Nacional de Cultivares: CA 445/90 INTA, CA 8/74 INTA, CA 440/90 INTA, CA 433/90 INTA, CA 1/74 INTA, CA 465/90 INTA, CA 469/90 INTA, CA 519/90 INTA, CA 524/90 INTA, CA 532/90 INTA, CA 534/90 INTA, CA 765/94 INTA. Todas las variedades vegetales se comercializan “sin licencia”<sup>9</sup>.

Una vez que los plantines alcanzaron los 20 cm de altura, lo que conlleva un período de entre 9 y 12 meses, están listos para ser implantados en las chacras. Previamente se debe realizar un trabajo de acondicionamiento de suelo que implica remover la capa superficial de la tierra y realizar un surco para introducir los plantines. Los tres años siguientes son críticos para el desarrollo exitoso de la planta que recién entrará en producción entre el quinto y

---

<sup>9</sup> La política de comercialización “sin licencia” puede llevar a que empresas extranjeras se aprovechen económicamente de la inversión realizada por el sector público argentino para el desarrollo de nuevas variedades vegetales y utilicen las semillas mejoradas de yerba mate para realizar intentos de implantación en otras jurisdicciones. Una revisión de la política de comercialización “sin licencia” se impone en las condiciones actuales del comercio internacional de alimentos donde los países industrializados se están apropiando del conocimiento generado por los países no industrializados, especialmente en el ámbito de recursos genéticos.  
<https://inta.gob.ar/busqueda/tipo-de-contenido/variedades/especie-variedad/yerba-mate-7863/p/buscar/>

séptimo año. Con los cuidados y el mantenimiento adecuado (desmalezado, fertilización y control de plagas) el yerbal continúa en explotación durante los siguientes 30 años.

La cosecha o *tarefa* es anual y se realiza a mano y de forma artesanal entre los meses de abril y octubre por cuadrillas de tareferos golondrina. Habitualmente toda la familia, incluidos los niños, trabajan en la recolección de la yerba. Si bien el sector público se esfuerza por erradicar el trabajo infantil, es una realidad que continúa fuertemente implantada en el sector<sup>10</sup>.

El producto obtenido y primer estadio de la materia prima es la hoja verde. El precio de la hoja verde se encuentra regulado por el INYM. La Ley 25.564 establece entre las funciones del INYM *“Acordar semestralmente entre los distintos sectores participantes del INYM el precio de la materia prima. El mismo resultará de un acuerdo en el INYM basado en el precio promedio de venta al consumidor de los productos elaborados con yerba mate según las condiciones y estándares de calidad que fije la reglamentación, el cual los sectores deberán respetar...Si las partes no llegasen a un acuerdo, la cuestión se someterá al arbitraje del Secretario de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación, quien deberá laudar, según las pautas arriba mencionadas”* (art. 4 inc. r). Sin perjuicio de la regulación legal, los conflictos entre productores e industriales por el precio de la hoja verde son frecuentes<sup>11</sup>.

La hoja verde se acumula en “ponchadas”<sup>12</sup> y se traslada en camiones hasta los secaderos donde se realiza, dentro de las 24 horas posteriores a la cosecha, el primer proceso de

---

<sup>10</sup> El documental “Me gusta el Mate sin Trabajo Infantil” presentado en Cannes en 2016 puso de relieve esta problemática. El mismo año y como consecuencia de dicha presentación el INYM creó por Resolución 401/2016 la Subcomisión de Lucha contra el Trabajo Infantil.

<sup>11</sup> En los primeros años del INYM existían numerosos conflictos por los bajos precios de la hoja verde. Sin embargo, los años 2019/2020 fueron particularmente favorables para el sector y en febrero de 2020 productores e industriales pactaron precios entre un 25 y un 30% por encima del precio oficial fijado por INYM debido al crecimiento de la demanda interna y de exportación. <https://www.ambito.com/agronegocios/agro/iscrepancia-productores-cooperativistas-y-molineros-el-precio-la-yerba-la-cosecha-invierno-n5084805>

<sup>12</sup>Las “ponchadas” son lienzos plásticos atados en sus cuatro puntas que se utilizan para cargar y transportar la hoja verde recién cosechada en los camiones.

transformación industrial denominado “sapecado”. Este proceso consiste en someter a la hoja verde a fuego directo por 30 segundos para evitar su oxidación y mantener su color y propiedades hasta el consumo. Inmediatamente después se realiza el secado que consiste en la aplicación de calor intenso a moderado durante un período de tiempo que ronda las 20 horas. El secado puede ser realizado por métodos industriales o por el sistema tradicional o barbacuá. En el secado industrial la yerba mate se seca mediante un sistema de cintas transportadoras y el calor se genera por la quema de chips o pellets de madera de pino (residuos de la industria forestal). Este sistema es el más utilizado actualmente porque permite procesar un alto volumen de materia prima. El sistema de secado tradicional o barbacuá es el que utilizaban los antiguos guaraníes y consiste en exponer las hojas al calor del fuego de leña durante 24 horas, lo que hace que el producto adquiera un aroma y sabor inconfundibles producto del ahumado y del uso de maderas nativas como el anchico, el alecrín, la maría preta y la canela venado. El avance tecnológico y el desarrollo de nuevas formas de secado dejaron obsoleto el secado tradicional barbacuá. Actualmente se encuentra en vigencia un proyecto de reactivación de este sistema denominado *“Rescate y valorización de la yerba mate producida por pequeños productores de la zona centro de Misiones en secaderos tipo barbacuá como un producto diferenciado”*<sup>13</sup>.

Una vez completado el proceso de secado se realiza una molienda gruesa de la yerba para prepararla para su estacionamiento. Este bien intermedio se denomina yerba mate “canchada”. Son necesarios aproximadamente tres kilos de hoja verde para lograr un kilo de yerba mate canchada. El producto se coloca en bolsas de 50 kilogramos para su

---

<sup>13</sup> INTA, Oberá. Ings. Agrs. Luis E. Barbaro y Osvaldo C. Sforza.2016. *“Rescate y valorización de la yerba mate de barbacuá”*.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/publicacion\\_proyecto\\_barbacu\\_2016\\_final.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/publicacion_proyecto_barbacu_2016_final.pdf)

estacionamiento. El estacionamiento es clave para lograr determinados niveles de color, sabor y aroma. Luego de un período de estacionamiento que puede durar hasta veinticuatro meses (según se opte por el estacionamiento natural o mediante plantas de estacionamiento acelerado, o una combinación de ambos), el producto se encuentra en condiciones de ingresar en la fase de molienda. La yerba mate “canchada” se somete a la molienda y mezclado de acuerdo al producto que pretenda obtener cada marca. El envasado se realiza en diferentes presentaciones: paquetes herméticos de papeles especiales con distintas capas de materiales, bolsas de lienzo, envases metálicos litografiados y otros, bolsas de 40 o 50 kg o paquetes de un cuarto, medio, uno y dos kilos.

Todos los envases deben contener la estampilla oficial de control que acredita el pago de la Tasa de Inspección y Fiscalización creada por el artículo 21 de la Ley 25.564 y que constituye la principal fuente de financiamiento del INYM. La tasa se fija entre el \$0,04 y \$0,08 por kilogramo de yerba mate elaborada en todas sus modalidades, envasada nacional e importada, compuesta o no, con destino a ser comercializada en el territorio nacional. En caso de variación del precio de la yerba mate, el valor de dicha tasa será el equivalente del 2,5% al 5% del precio promedio de venta al consumidor del kilogramo de yerba mate. La yerba mate fraccionada en saquitos, los extractos, bebidas y concentrados de yerba mate está exentas del pago de la tasa.

Los paquetes de yerba que no contengan el correspondiente estampillado pueden ser decomisados y los responsables sujetos a las sanciones previstas en el artículo 28 de la Ley 25.564 que van desde apercibimientos a multas y clausura del establecimiento infractor.

En diciembre de 2014, el Congreso Nacional aprobó el régimen de Envasado en Origen de la Yerba Mate en la región productora. El objetivo de la norma es promover la radicación y creación de los establecimientos necesarios para la instrumentación de un régimen de

envasado en origen de la yerba mate en la región productora. Como consecuencia directa de esta ley, Misiones lidera el complejo industrial yerbatero: de las 228 agroindustrias secadoras registradas a nivel nacional, 218 se localizan en Misiones y de los 105 molinos y fraccionadores registrados en el país, 91 se ubican en Misiones.

El sector molinero constituye el eslabón más concentrado de la cadena y muchas de las empresas están integradas<sup>14</sup>. Se observan diversas formas de integración aguas arriba: a) productores cooperativizados que entregan producción a la cooperativa para el secado y venta; b) empresas que integran todos los eslabones de la cadena con yerbales propios (aunque también pueden comprar hoja verde o yerba mate canchada), secado, estacionamiento, molienda y comercialización; o c) productores de hoja verde de yerba mate sin integración que venden la hoja verde o canchada contratando el servicio de secado. Una proporción importante de los secaderos se encuentran integrados a la industria molinera bajo la modalidad de propiedad o a través de acuerdos para el suministro de materia prima. En algunos casos, los acuerdos de abastecimiento son informales y no están documentados. Los establecimientos secadores, a su vez, poseen sus propios yerbales, sin embargo la mayor parte de la hoja verde la obtienen de productores independientes. Los productores independientes usualmente llegan a acuerdos con el secadero para que éste lleve adelante el mantenimiento del yerbal y la cosecha.

---

<sup>14</sup>Sólo cuatro establecimientos comercializan el 50% de la yerba mate y, en otro extremo, 79 establecimientos sólo aportan el 9 % de la yerba mate envasada. Cf. Rodríguez, L. (2017) "El anhelo del Oro Verde: El sistema barbacuá en la industria de la yerba mate, Misiones 1970-2014". ya citado, p. 171.



## CAPÍTULO III

### **1. Blockchain y las Tecnologías de Registro Distribuido (TRD)**

#### **1.1 Características generales**

Las Tecnologías de Registro Distribuido son sistemas digitales de registro de transacciones con múltiples aplicaciones en variados sectores de la economía. Si bien estas tecnologías se encuentran en un estado incipiente de desarrollo han generado mucho entusiasmo por su potencial de transmitir valor sin intermediarios y por su capacidad de reflejar la “verdadera historia de la información”<sup>15</sup>.

Una TRD es, en esencia, una gran base de datos distribuida semejante a un libro contable donde quedan registradas transacciones en forma sucesiva. Sin embargo, no es una base de datos cualquiera, sino que tiene determinadas características que la hace muy valiosa<sup>16</sup>.

En primer lugar, el procesamiento y almacenamiento de la información se encuentra descentralizado. Actualmente, las instituciones garantizan la confianza mediante un sistema central de certificaciones y comprobaciones que generan altos costos de transacción y son susceptibles de errores y fraudes porque en la mayoría de los casos la carga de datos se realiza de forma manual. Además, los sistemas centralizados son opacos y sólo permiten el acceso a la información a un limitado número de participantes.

En las TRD no existe una única autoridad central de verificación sino que la confianza está dada por una red de pares (nodos) que actúan de forma consensuada para incorporar y validar paquetes de información denominados “bloques”. Una vez que un nuevo bloque fue

---

<sup>15</sup> Con el surgimiento de Bitcoin comenzó el auge de las criptomonedas como un instrumento de reserva de valor transmisible directamente entre usuarios sin intermediarios financieros. Las blockchain 2.0 como Ethereum o EOSio pusieron el foco en la trazabilidad de los datos almacenados.

<sup>16</sup> Mora, Santiago J. “La tecnología blockchain. Contratos inteligentes, ofertas iniciales de monedas, y demás casos de uso”. La Ley 1 Abril 2019 (AR/DOC/537/2019)

creado la información contenida no puede ser alterada sin alterar todos los bloques posteriores, lo que requiere el consenso de todos los participantes de la red, algo prácticamente imposible de lograr. Además, cada nodo conserva una copia de la cadena de bloques en su totalidad y cualquiera de ellos puede acceder en cualquier momento a la información allí contenida. Por eso se sostiene que la descentralización de los nodos es uno de los pilares que brinda confianza y transparencia al sistema.

En segundo lugar, las TRD utilizan claves criptográficas para garantizar la inmutabilidad y seguridad de los datos ingresados. Cada vez que ingresa una transacción al sistema la red le asigna una marca de tiempo y un *hash* (una operación criptográfica que genera identificadores únicos e irrepetibles a partir de una información dada) que sirven para enlazar cada bloque de la cadena con el anterior. Dado que el hash está directamente relacionado con el contenido de la información, si ésta cambia inmediatamente cambia el hash y ya no encaja en la cadena que queda invalidada porque cada bloque debe estar conectado válidamente con el bloque anterior y posterior.

En tercer lugar, la inmutabilidad de registros y la desintermediación de la acumulación de datos asemejan las TRD a un gran libro contable donde se registran las transacciones de forma ordenada y consecutiva. Esto genera un sistema transparente y perfectamente auditable, porque cualquier participante, dependiendo del propósito y las reglas de gobernanza de cada blockchain, puede acceder a la historia completa de transacciones registradas en la base de datos mediante una combinación de claves públicas y privadas.

## **1.2 Tipos de validación**

Cada blockchain tiene su propio mecanismo de creación de bloques. Bitcoin<sup>17</sup> y Ethereum<sup>18</sup> utilizan el algoritmo Proof of Work (PoW) en el cual los nodos (“mineros”) compiten entre sí para completar transacciones en la red y obtener recompensas. La prueba de trabajo consiste en resolver un complicado acertijo matemático, lo que requiere una gran capacidad de cálculo de los nodos<sup>19</sup>. La respuesta al problema de PoW o ecuación matemática se llama hash. La complejidad de la ecuación matemática depende de la cantidad de usuarios, la potencia actual y la carga de la red. El problema no debe ser demasiado complicado ni demasiado sencillo de resolver. Si es demasiado complicado la generación de bloques lleva mucho tiempo (en promedio cada bloque tarda unos diez minutos en generarse). Las transacciones se paralizan y, como resultado, el flujo de trabajo se bloquea. Si el problema es demasiado fácil, es propenso a las vulnerabilidades, ataques de DoS (Denial of Service o denegación de servicio)<sup>20</sup> y correo no deseado. Además, es necesario que la solución pueda ser revisada fácilmente. De lo contrario, no todos los nodos serán capaces de analizar si los cálculos son correctos. Si eso ocurre tendrían que confiar en otros nodos y eso violaría una de las características más importantes de Blockchain: la transparencia.

Además, el PoW torna muy difícil que un mismo nodo pueda agregar bloques consecutivos, lo que protege la neutralidad de la red impidiendo que un solo individuo pueda controlar el funcionamiento de creación de bloques.

---

<sup>17</sup> Nakamoto, S. “Bitcoin: a peer to peer Electronic Cash System” <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

<sup>18</sup> Buterin, V. “A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform” <https://ethereum.org/en/whitepaper/>

<sup>19</sup> Algunos ejemplos de PoW son la función hash, o cómo encontrar la entrada conociendo la salida, la factorización de enteros, o cómo presentar un número como una multiplicación de otros dos números o el protocolo de rompecabezas guiado. Si el servidor sospecha un ataque DoS se requiere un cálculo de las funciones hash para algunos nodos en un orden definido. En este caso, es un problema de cómo encontrar una cadena de valores de función hash <https://es.cointelegraph.com/explained/proof-of-work-explained>

<sup>20</sup> En seguridad informática, un ataque de denegación de servicio, también llamado ataque DoS (Denial of Service), es un ataque a un sistema de computadoras o red que causa que un servicio o recurso sea inaccesible a los usuarios legítimos. Normalmente provoca la pérdida de la conectividad con la red por el consumo del ancho de banda de la red de la víctima o sobrecarga de los recursos computacionales del sistema atacado.

Si un minero logra resolver el acertijo, se forma el nuevo bloque que incluye todas las transacciones generadas durante ese lapso. Las transacciones se colocan en este bloque y se consideran confirmadas. El hash de cada bloque contiene el hash del bloque anterior, lo que aumenta la seguridad y evita cualquier violación.

El algoritmo de consenso que plantea el sistema Bitcoin requiere hardware informático altamente especializado que consume grandes cantidades de energía, por lo que no resulta óptimo para el mundo de los negocios que necesita consensos rápidos y orientados a la finalidad específica de la red.

Las dificultades prácticas que plantea el PoW han llevado al desarrollo de otros mecanismos de validación de bloques más eficientes, tales como el Proof of Stake, el Proof of Authority o el Proof of Burn.

El protocolo Proof of Stake (PoS) o “Prueba de Participación” es uno de los algoritmos de consenso más utilizados como alternativa al PoW porque es más sencillo de ejecutar y no requiere hardware especializado ni gran capacidad de procesamiento de datos. El algoritmo PoS fue creado por Sunny King en 2012 para el desarrollo de la criptomoneda Peer Coin<sup>21</sup>. El sistema busca incentivar que los participantes posean determinada cantidad de monedas, de manera que cuantas más monedas poseen, más posibilidades tienen de ser elegidos por el proceso de selección aleatoria que se realiza para designar tareas. Bajo este esquema, aquellos que tengan más reservas, tienen mayor peso en la red y mayores oportunidades de ser elegidos para validar transacciones y crear nuevos bloques lo que les permite recibir criptomonedas como ganancia e incentivo por el trabajo realizado.

---

<sup>21</sup> PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake, Sunny King and Scott Nadal (August 19th, 2012) <https://decred.org/research/king2012.pdf>

El algoritmo de consenso denominado Proof of Authority (PoA) o “Prueba de Autoridad” prevé que sólo exista una cantidad determinada de participantes que están autorizados a crear nuevos bloques. La selección de participantes no se basa en la cantidad de token que poseen sino en determinadas atribuciones personales del validador que otorgan confianza al sistema. En las blockchain que utilizan este mecanismo de consenso la identidad de los validadores debe estar formalmente verificada a través de datos fiables disponibles en el dominio público, Además, es necesario que la posición sea difícil de alcanzar y constituya un claro beneficio, tanto financiero como reputacional, para seguir siendo un validador honesto. Por último, debe haber una completa uniformidad en el proceso de establecimiento de validadores.

El consenso del PoA se utiliza en la red de pruebas Kovan y Rinkeby de Ethereum y parece ser el mecanismo de consenso más plausible para las instituciones que buscan implementar redes privadas de cadenas de bloques. La más conocida de estas redes es POA Network<sup>22</sup>, una red pública para contratos inteligentes que funciona como una cadena lateral de Ethereum<sup>23</sup>. Todos sus nodos están formados por validadores independientes. Utilizan la base de datos de notarios públicos como mecanismo para la elegibilidad de los validadores. Esencialmente, los validadores pasan por una verificación formal de la identidad utilizando dos pasos: un cliente que hace uso del software POA Network DApp y el sistema de notarios públicos. HyperLedger y Ripple también hacen uso del protocolo PoA en sus blockchain.

El protocolo de consenso denominado Proof of Burn (PoB) o “Prueba de Quemar” es un mecanismo en el cual los nodos deben demostrar su compromiso con la red realizando una

---

<sup>22</sup> <https://www.poa.network/>

<sup>23</sup> Sidechain. <https://coinmarketcap.com/alexandria/glossary/side-chain>

inversión de sus criptomonedas nativas o alternativas en la blockchain. Cuantas más criptomonedas quemen o destruyan, más altas son sus posibilidades de ser elegidos para validar nuevos bloques y obtener recompensas. La “quema” de los tokens consiste en enviarlos a una dirección pública y verificable conocida como *eater addresses* porque los tokens allí enviados se vuelven inaccesibles y no pueden recuperarse<sup>24</sup>. Este protocolo fue diseñado por Iain Stewart y presentado en un foro sobre criptomonedas en diciembre de 2012. La idea era crear un protocolo de consenso que exigiera un trabajo realmente costoso de realizar y más eficiente que PoW en términos de gasto y consumo energético. De esta manera, se propone consumir criptomonedas o tokens con un valor real con el fin de conseguir capacidad para minar dentro de la blockchain. Solo haciendo este pago, el nodo tendrá la capacidad de verificar transacciones en la blockchain. Con ello se busca hacer especialmente costoso el proceso de minería y evitar ataques de DoS o ataques de 51%, ya que realizar ataques de este tipo llevaría al actor malicioso a gastar dinero de curso legal para comprar monedas de la blockchain lo que aumentaría su valor, reduciendo el interés en realizar estas acciones.

### 1.3 Blockchain públicas o privadas

Existen dos tipos principales de blockchain, las públicas o *permissionless* y las privadas o *permissioned*. Las primeras son abiertas y cualquier persona en el mundo puede descargarse el software y ejecutarlo en línea en su propio ordenador creando un nuevo nodo, participando en los mecanismos de consenso y accediendo al historial completo de las transacciones realizadas. Los actores de la red son anónimos y no necesitan ningún permiso o relación previa con la red. Son sistemas completamente descentralizados y tienen la

---

<sup>24</sup> Las *eater addresses* son creadas al azar y no tienen claves privadas conocidas asociadas a ellas.

ventaja de ser neutrales porque ninguna persona o entidad tiene, en solitario, la capacidad de controlar la red o la información allí almacenada. Por otra parte, tratándose de participantes anónimos, lograr el consenso del 51% para realizar un ataque coordinado a la blockchain se torna una tarea prácticamente imposible. Las TRD públicas más conocidas son Bitcoin y Ethereum<sup>25</sup>. Si bien ganan en transparencia, las TRD públicas pierden en confidencialidad y no son recomendables para registrar transacciones que conlleven información muy sensible.

Las blockchain privadas son redes cerradas, donde los participantes están identificados y necesitan algún tipo de permiso de una autoridad de la red para convertirse en nodos. La confirmación de las transacciones proviene de ciertos nodos que han sido preseleccionados y cuentan con la confianza previa del sistema porque son parte de una misma empresa o un mismo gobierno. Este tipo de blockchain presenta un nivel más alto de seguridad y es más adecuada para registrar transacciones de sectores que manejan información sensible como las instituciones financieras, los mercados de capitales o gobiernos. Ejemplos de blockchain privadas son Hyperledger, Ripple y la Blockchain Federal Argentina, entre otras. Las blockchain privadas no utilizan el PoW como mecanismo de validación sino que utilizan métodos más económicos en términos de gasto de energía como el Proof of Stake o Proof of Authority.

También existen blockchain híbridas, donde cualquier persona conectada a internet puede acceder al historial de transacciones pero no cualquiera puede convertirse en nodo para confirmar transacciones y agregar bloques a la cadena. A diferencia de las privadas puras, los nodos preseleccionados para validar la creación de nuevos bloques nunca forman parte de

---

<sup>25</sup> Ethereum pertenece a la llamada blockchain 2.0 porque incorpora a su sistema la posibilidad de ejecutar contratos inteligentes, es decir, contratos escritos en código programable que pueden ejecutarse a sí mismos.

una sola compañía. Este tipo de redes blockchain son muy útiles para gobiernos u organizaciones empresariales que deseen almacenar o compartir datos de forma segura. Cada transacción que se lleva a cabo en la blockchain híbrida se puede mantener privada y siempre abierta para verificarla cuando sea necesario. Como se utiliza blockchain, se asegura que cada transacción se escriba una vez y no se pueda cambiar. Aunque un conjunto de individuos la controla, no pueden cambiar la inmutabilidad y la seguridad de las transacciones. Solo pueden controlar cuáles transacciones se hacen públicas y cuáles no. Un ejemplo de blockchain híbrida es Kadena, una plataforma que consta de una blockchain pública, una red privada y contratos inteligentes en lenguaje Pact<sup>26</sup>. Las empresas pueden utilizar indistintamente la plataforma que les resulte más conveniente de acuerdo a sus necesidades puntuales. Otro proyecto que combina blockchain públicas y privadas para el sector del comercio global y las finanzas internacionales es XDC, creado y administrado por XinFin, una empresa de Singapur <sup>27</sup>.

#### **1.4 Smart contracts**

Una ventaja fundamental de algunas TRD es la posibilidad de implementar contratos inteligentes. La blockchain de Ethereum, lanzada entre los años 2013 y 2015 por Vitalik Buterin, fue la primera plataforma dotada de un lenguaje Turing completo (es decir que puede representar cualquier algoritmo o cálculo posible) lo que permitió el desarrollo de contratos inteligentes. Si bien los contratos inteligentes ya habían sido conceptualizados en la década del 90 por el famoso criptógrafo húngaro Nick Szabo, fue con el desarrollo de la tecnología blockchain, las criptomonedas y la IoT cuando su aplicación se vuelve una realidad al alcance de muchos. En efecto, la tecnología hoy disponible ha generado: 1) las

---

<sup>26</sup> <https://www.kadena.io/>

<sup>27</sup> <https://xinfin.org/>



condiciones necesarias para que las partes confíen en la red de pares (peers) que almacenan la blockchain y que ejecutan los contratos inteligente, 2) activos digitales equivalentes al dinero que pueden transmitirse de manera totalmente virtual y sin intermediarios y 3) sensores o dispositivos que permiten a los objetos físicos conectarse a internet y ejecutar comandos<sup>28</sup>.

Los contratos inteligentes son, en esencia, piezas de software que se ejecutan automáticamente cuando se dan ciertas condiciones previamente definidas entre las partes. La articulación, verificación y ejecución del contrato se realiza sin necesidad de intervención de ninguna persona física o autoridad central. Sin embargo, en ocasiones los contratos inteligentes se sirven de oráculos o fuentes de información externas a la blockchain en la que están siendo ejecutados para cumplir la acción prevista por el contrato. Los oráculos son herramientas informáticas que permiten actualizar el estado de los contratos inteligentes con información del exterior, como los precios de las divisas, la cotización de las acciones o si ganó el equipo A o el B. La necesidad de contar con oráculos para completar la ejecución de los contratos inteligentes es un problema a resolver, puesto que los oráculos no dejan de ser terceros ajenos a la red de pares y las partes del contrato sujetos a la confianza de las partes y precisamente lo que se pretende eliminar con los contratos inteligentes y la blockchain es la necesidad de confianza<sup>29</sup>.

La utilización de contratos inteligentes, en conjunto con tecnologías de registro distribuido, oráculos informáticos e internet de las cosas, puede reducir enormemente los costos legales

---

<sup>28</sup> Mora, Santiago J. “La tecnología blockchain. Contratos inteligentes, ofertas iniciales de monedas, y demás casos de uso”. La Ley 1 Abril 2019 (AR/DOC/537/2019)

<sup>29</sup> Actualmente existen algunos proyectos para intentar salvar este problema. Provable Oracle Service es un servicio que compara la información de todas las fuentes que se le indique para determinar su validez.

<https://provable.xyz/index.html>

y de transacción asociados al cumplimiento de los contratos en general, por ello resultan tan importantes en el contexto actual del comercio y los negocios.



Universidad de  
**San Andrés**

## Capítulo IV

### 1. La trazabilidad digital en el sector de los agronegocios

Conocer la trazabilidad de los alimentos *from farm to fork* es una demanda cada vez más fuerte de los consumidores: según el blog especializado *New Food* ocho de cada diez consumidores verifican el origen de los alimentos que consumen<sup>30</sup>. Aún así, no existe en la actualidad un sistema fiable y seguro de verificación del origen y la trazabilidad de los alimentos. Si bien las diferentes crisis de seguridad alimentaria vividas en Europa en los últimos años<sup>31</sup> forzaron a las empresas de agronegocios a invertir recursos en trazabilidad, el sector nunca logró completar su proceso de digitalización y su cadena de suministro se apoya mayormente en documentos en papel y carga manual de datos, lo que conlleva altas posibilidades de error y fraude. Según una encuesta llevada a cabo en 2017<sup>32</sup> la automatización de procesos es el segundo beneficio derivado del uso de blockchain percibido por la agroindustria, con un 43%. Según Motta y otros<sup>33</sup> las dos características principales de blockchain, es decir confianza e inmutabilidad, están directamente relacionadas con los dos problemas principales de las cadenas de suministro de los alimentos: falta de confianza entre pares y falta de transparencia/visibilidad de la información.

En su definición clásica la trazabilidad es la posibilidad de rastrear y seguir un determinado alimento durante las fases de producción, procesamiento y distribución. El objeto de la trazabilidad se define como TRU (*Traceable Resource Unit*) y cada cadena de suministro de

---

<sup>30</sup> New Food Magazine 26th June 2017 "8 in 10 consumers check the origin of their food when purchasing products" <https://www.newfoodmagazine.com/news/42541/8-10-consumers-labelling/>

<sup>31</sup> Ver, entre otras, la crisis de las vacas locas (2000). [https://elpais.com/sociedad/2011/02/28/actualidad/1298847607\\_850215.html](https://elpais.com/sociedad/2011/02/28/actualidad/1298847607_850215.html) crisis de la carne de caballo (2013).

<https://www.rtve.es/noticias/20130304/carne-caballo-claves/610480.shtml>

<sup>32</sup> Citada por Motta, G. A., Tekinerdogan, B., and Athanasiadis, I. N. (2020). 'Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave.'. *Frontiers in Blockchain* 3. ISSN 2624-7852.

<sup>33</sup> Idem

alimentos tiene su propio TRU, dependiendo de la estructura de la cadena y de las regulaciones aplicables. La trazabilidad en blockchain permite además incluir cualquier tipo de información relacionada con el producto en cualquier momento de su ciclo de vida<sup>34</sup>. Así, una típica cadena de suministro de cereales registrada en blockchain podría comenzar directamente con los proveedores de insumos, que incluyen datos sobre el origen y la calidad de las semillas (incluso si las mismas cumplen con las regulaciones sobre propiedad Industrial), la maquinaria involucrada así como los agroquímicos y fertilizantes utilizados<sup>35</sup>. El productor podría registrar datos sobre las prácticas agrícolas empleadas y su impacto ambiental, el método de cultivo y de cosecha, el origen geográfico<sup>36</sup> (incluyendo las marcas de certificación, indicaciones geográficas o denominaciones de origen si las hubiera) y la identidad del productor, entre otras. Los productores de animales pueden cargar datos sobre el método de cría, si se utilizaron antibióticos, hormonas u otro tipo de químicos, fecha y método de faena. La fábrica, industria o frigorífico podría agregar datos sobre el equipamiento y los métodos de procesamiento de cada lote incluyendo información sobre las transacciones ocurridas entre productores y distribuidores. En la última fase de la cadena de suministro es posible registrar datos sobre las condiciones de almacenamiento, temperatura, humedad, tiempo de permanencia en cada almacén y tiempo de tránsito hasta su destino final. De esta forma, todos los detalles del producto serían accesibles para cualquier actor de la cadena, incluso los consumidores. Ante cualquier supuesto de

---

<sup>34</sup> Niccolò Patelli & Mauro Mandrioli. 2020. *Blockchain technology and traceability in the agrifood industry*. Journal of Food Science, 85, 3670-3677

<sup>35</sup> El uso de blockchain para registrar la trazabilidad de alimentos orgánicos se presenta como una gran oportunidad pero que a la vez conlleva altos desafíos. Cf. Van Hilten, M, Ongena, G and Ravesteijn, P. 2020. *Blockchain for Organic Food Traceability: Case Studies on Drivers and Challenges*. Frontiers in Blockchain 3. Article 565175.

<sup>36</sup> Sobre la importancia de los signos de origen en los alimentos *commodities* ver Augustin-Jean, L.; Ilbert, H.; and Saavedra-Rivano, N. 2012. *Geographical Indications and International Agricultural Trade. The Challenge for Asia*. UK: Pallgrave Macmillan.

adulteración, contaminación o fraude, el lote afectado puede ser identificado en cuestión de segundos, cuando en el sistema tradicional esa identificación podría tardar días<sup>37</sup>.

Además, la accesibilidad de la información genera mayor inclusión para los pequeños productores primarios. Las cadenas de suministro de los alimentos suelen ser largas y complicadas y tienen serias ineficiencias relacionadas con la falta de digitalización y los altos costos de transacción<sup>38</sup>. Sólo unas pocas empresas verticalmente integradas participan del comercio mundial de alimentos mientras que la mayoría de los productores locales ven sus ingresos limitados a un precio muy bajo en relación con el precio de venta al público del producto procesado. En este contexto, garantizar la transparencia y el acceso a la información sobre precios, industria, distribución, demanda etc. ayuda al productor primario a entender mejor el mercado y las preferencias de los consumidores y le permite estar mejor posicionado frente a cambios de escenarios globales, lo que genera inclusión e igualdad de condiciones entre los actores de la cadena además de mejorar los estándares de calidad y sustentabilidad de los alimentos y reducir pérdidas.

Otra ventaja adicional de las TRD es la posibilidad de integración de software y hardware. El uso combinado de blockchain y otras tecnologías digitales emergentes tales como IA, big data, robótica, IoT, RFID e imágenes hiperespectrales puede revolucionar los procesos en el sector de los agronegocios. La recopilación automática de millones de datos sobre diferentes aspectos de la producción y distribución de alimentos y su almacenamiento en una base de

---

<sup>37</sup> En octubre de 2016 Walmart en conjunto con IBM comenzó un proyecto piloto de trazabilidad en blockchain para registrar las cadenas de suministro de la carne de cerdo en China y de rodajas de mangos frescos en México. En una presentación a inversores se reveló que los resultados del proyecto permitieron encontrar información sobre un lote determinado en la blockchain en 2.2 segundos un proceso que tomaba siete días utilizando los métodos tradicionales.

<https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2017/06/the-food-industry-gets-an-upgrade-with-blockchain/>

<sup>38</sup> El costo de operación de la cadena de suministro de los alimentos representa dos tercios del precio final del producto y los costos de documentación absorben el 7% del valor global del comercio, Cf. Tripoli, M. & Schmidhuber, J. 2020. *Emerging opportunities for the application of blockchain in the agri-food industry*. Revised version. Rome and Geneva, FAO and ICTSD. <http://www.fao.org/3/ca9934en/CA9934EN.pdf>

datos inalterable crea una masa suficiente de información que, bien utilizada (por ejemplo para entrenar una inteligencia artificial o *machine learning*) permitirá alcanzar una mayor automatización de los procesos dentro de la cadena de suministro.

La acumulación de datos también resulta de utilidad para construir un perfil financiero, de seguros, de registro de cumplimiento de contratos u obligaciones, etc. de cada uno de los actores de la cadena de suministro, lo que genera confianza en los demás participantes. Es posible eliminar terceras instituciones intermediarias tales como bancos, compañías de seguros, firmas de auditorías, porque cada participante conoce exactamente el registro de transacciones y confía en la eficacia de los contratos inteligentes, que únicamente se ejecutan si las condiciones pactadas previamente se cumplen.

## **2. Tendencias de investigación y patentamiento**

La interacción de las palabras “blockchain” AND “food” en las bases de datos de patentes y en los artículos científicos ha aumentado drásticamente durante el período 2019 y 2020. Así por ejemplo, en la base de datos de artículos científicos *Scopus* sólo había cuatro artículos sobre blockchain anteriores a 2013, aumentando rápidamente a más de 2.800 artículos en 2018 y a 5.286 artículos en 2019. Hasta 2015 la mayoría de las publicaciones se referían a criptografía, Bitcoin y criptomonedas. A partir de 2016 se encuentran varios artículos que exploran el uso de blockchain como herramienta para la trazabilidad de diferentes cadenas de suministro en el sector de los agronegocios<sup>39</sup>.

De igual manera, la cantidad de solicitudes de patente que contienen los vocablos “blockchain” AND “food” aumentó de catorce en 2018 a treinta y cuatro en 2020 , sobre un total de sesenta y un solicitudes de patentes que relacionan estos vocablos<sup>40</sup>.

---

<sup>39</sup> Patelli Niccolò and Mandrioli, Mauro. *Blockchain technology and traceability in the agrifood industry*. Journal of Food Science. Vol. 85, iss. 11, 2020. Page 3670 - 3677

<sup>40</sup> <https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/filter/patents>

La búsqueda en la base de datos Patent Inspiration arroja resultados interesantes además en cuanto a la nacionalidad de los solicitantes. China aparece como líder absoluto con dieciséis solicitudes de patentes que relacionan blockchain con alimentos, le sigue Estados Unidos con ocho solicitudes y Taiwán con cuatro. En cuanto a las empresas titulares, el gigante chino Alibaba Group Holding Ltd. aparece como solicitante de dos patentes: *“Food safety supervision method, device, equipment and system based on blockchain”*<sup>41</sup> y *“Donation food processing method and device based on blockchain”*. Walmart Apollo Llc. aparece como solicitante de una patente de *“Pizza cooking delivery drone (The process from ordering to delivery of the food item may be tracked using blockchains.)”*<sup>42</sup>. La Universidad de Beijing aparece como solicitante de tres patentes que relacionan blockchain y alimentos: *“Grain and oil food full supply chain information security management system and method based on trusted identifier and IPFS”*<sup>43</sup>, *“Blockchain-based grain and oil food full supply chain credible tracing model based on block chain and construction method”*<sup>44</sup> y *“Blockchain technology-based optimal matching method for food transaction”*<sup>45</sup>.

Por último, la empresa china Yangguang Yigou Hunan Tech Co Ltd. aparece con cuatro solicitudes de patente: *“Background data management method and system based on blockchain food traceability system”*<sup>46</sup>, *“Meat food traceability method and system based on*

---

<sup>41</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[4622447\]/CN110675028A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[4622447]/CN110675028A)

<sup>42</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[14708834\]/US2019202557A1](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[14708834]/US2019202557A1)

<sup>43</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[14865846\]/CN110879902A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[14865846]/CN110879902A)

<sup>44</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[14865846\]/CN110516965A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[14865846]/CN110516965A)

<sup>45</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[14865846\]/CN108921329A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[14865846]/CN108921329A)

<sup>46</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[15951677\]/CN112101970A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[15951677]/CN112101970A)

*blockchain*<sup>47</sup>, *“Food traceability method and system based on blockchain”*<sup>48</sup> y *“Food safety supervision method based on blockchain, terminal and storage medium”*<sup>49</sup>.

Las tendencias de patentamiento y artículos científicos indican la importancia que están otorgando tanto las empresas como las universidades al uso de la tecnología blockchain aplicada al sector de los agroalimentos.

Como sucede en muchos otros ámbitos de la ciencia y la tecnología, Argentina no está a la vanguardia de esta carrera, a pesar de ser un país esencialmente agroexportador.

### 3. Casos de uso

A continuación se describen algunos casos de uso, donde empresas reales están realizando una aplicación práctica de la tecnología blockchain en el sector de los agronegocios para garantizar la transparencia y fiabilidad de su cadena de suministro. Se han seleccionado aquellos casos de productos que guardan alguna similitud con la yerba mate en su proceso de producción, procesamiento o distribución, a los efectos de evaluar las similitudes y diferencias, ventajas y desventajas de la aplicación práctica de blockchain al sector de la yerba<sup>50</sup>.

#### 2.1 Trazabilidad del café

El sector del café fue uno de los primeros en incorporar tecnologías de registro distribuido a su cadena de suministro. En efecto, la cadena de suministro del café es global, larga, opaca y esconde abismales diferencias de ingresos entre los productores de la materia prima, fuertemente atomizados y localizados en países con bajo ingreso per cápita y graves

---

<sup>47</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[15951677\]/CN112036879A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[15951677]/CN112036879A)

<sup>48</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[15951677\]/CN111311271A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[15951677]/CN111311271A)

<sup>49</sup>[https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/\[15951677\]/CN111241595A](https://app.patentinspiration.com/#report/D811E0b89f52/analysis/c41dE035F64D/patents/[15951677]/CN111241595A)

<sup>50</sup>Las cadenas de suministro del café, el aceite de oliva, el arroz y la yerba mate tienen en común que el objeto trazable o *Traceable Resource Unit* (TRU) es un paquete o botella cuyo contenido es muy difícil de rastrear puesto que en la mayoría de los casos provienen de cooperativas que acopian materia prima de varios productores primarios.



problemas sociales y los importadores del café tostado localizados típicamente en países desarrollados<sup>51</sup>. El sector necesitaba urgentemente responder a una demanda creciente de los consumidores: conocer el origen de su café y asegurarse un consumo ético y responsable, alineado con sus propios valores personales.

En este contexto surge IFinca<sup>52</sup>, una plataforma digital que utiliza tecnología blockchain para registrar cada paso de la cadena de suministro del café, desde la cosecha y el molino hasta el consumidor final. Así, los consumidores pueden acceder a información completa sobre el origen, la cosecha, la molienda y la distribución detrás de su taza de café escaneando el Código QR “Meet the Farmer” en el punto de venta. Además puede conocer los precios pagados en cada una de estas instancias, siempre que las cooperativas y molinos accedan a registrar esos datos en la blockchain. Con esa información se empodera a productores y consumidores para construir una cadena de suministro más ética ya que los consumidores tienen el poder de decidir comprar solamente aquellas marcas de café que pagan precios justos a los caficultores<sup>53</sup>.

IFinca ha desarrollado su propia blockchain, denominada Coffee Chain, que protege el registro, la verificación y precisión de los datos recolectados, y además utiliza otras tecnologías como inteligencia artificial (AI), Self-Sovereign Identity (SSI)<sup>54</sup> y aplicaciones móviles.

---

<sup>51</sup> Cf. WIPO Report 2017 *“Intangible Capital in global Value Chains. Chapter 2. Coffee: How consumer choices are reshaping the global value chain”* p. 42/67  
[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_944\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2017.pdf)

<sup>52</sup> IFinca es una empresa de tecnología creada en Colombia en 2018 <https://es.ifinca.co/>

<sup>53</sup> La compañía estadounidense Starbucks se encuentra trabajando en un proyecto similar con tecnología blockchain desarrollada por Microsoft.  
<https://stories.starbucks.com/stories/2018/starbucks-to-pilot-bean-to-cup-traceability/>

<sup>54</sup> Self-Sovereign Identity es un esquema de identificación digital en que el usuario adquiere la responsabilidad de gestionar cómo y en qué cantidad se usan sus datos personales. Para ello, permite crear “tarjetas de identidad” digitales que pueden ser generales para cualquier servicio o específicas para cada caso.  
<https://www.bbvanexttechnologies.com/self-sovereign-identity-identidad-centralizada-bajo-el-control-d-e-usuario/>

La plataforma Farmer Connect<sup>55</sup> (IBM) también tiene como objetivo ofrecer información a los consumidores sobre el origen de sus alimentos y además ha desarrollado un sistema de identificación online de los productores a través de su app *Farmer ID*. Esta aplicación móvil, que utiliza tecnología SSI, ayuda a los productores de cualquier parte del mundo a obtener una identificación digital segura y confiable, similar a un DNI digital, que contiene información sobre su persona, los alimentos que produce, su historial económico y financiero. Con esta herramienta el productor tiene verdadero control sobre sus datos personales y decide con quien compartirlos y con qué objetivo. Por ejemplo, puede decidir compartir su perfil con entidades financieras o de seguros para obtener préstamos u otro tipo de financiación o bien pólizas de seguros a bajo coste por la eliminación de intermediarios y por la reducción de documentos impresos y otros costos de transacción. Además, el productor puede compartir su historia con los consumidores a través de la app *Thank My Farmer* mediante el simple escaneo de un código QR y los consumidores, a su vez, pueden agradecer o donar dinero a los productores de sus alimentos.

Farmer Connect utiliza tecnología blockchain desarrollada por IBM para permitir a los participantes cargar sus datos a través de sencillos formularios y plantillas de excel así como la completa integración de los sistemas mediante APIs.

## **2.2 . Trazabilidad del Aceite de Oliva**

En Francia se ha implementado un proyecto piloto de trazabilidad de la cadena de suministro del aceite de oliva en conjunto con la empresa de tecnología Ambrosus. El sistema se denomina GestOlive y tiene como objetivo reducir al mínimo las adulteraciones y falsificaciones producidas en la primera etapa del proceso de producción (traslado de las aceitunas hasta el molino). Para asegurar el origen orgánico de determinados aceites de

---

<sup>55</sup> <https://www.farmerconnect.com/>

oliva el sistema utiliza hardware para analizar *in situ* la composición de la materia prima así como tecnología RFID<sup>56</sup> para identificar de forma única los productos. La tarjeta de identificación incorpora los datos de procesamiento y transporte y emite los certificados correspondientes que son automáticamente almacenados en blockchain. Los consumidores pueden acceder a esos datos vía escaneo de un código QR. Por otra parte, Ambrosus se encuentra desarrollando para ciertos aceites de oliva de alta gama packaging inteligentes en forma de cápsulas dotadas de sensores a prueba de manipulaciones para reducir por completo el riesgo de adulteraciones o falsificaciones.

### **2.3. Trazabilidad del vino. Wine Blockchain (EzLab)**

Wine Blockchain es un proyecto de la compañía italiana de tecnología EzLAB en conjunto con la firma de auditoría Ernst & Young para lograr el primer caso de vino certificado mediante tecnología blockchain desarrollado para el viñedo Cantina Volpone en Puglia (Italia) con el objetivo de mejorar la trazabilidad del vino y garantizar su autenticidad.

Mediante la lectura de un código QR en la etiqueta de la botella de vino el consumidor puede acceder a la información sobre el área geográfica de origen del viñedo, los fertilizantes y pesticidas utilizados en el cultivo de las uvas, la descripción del proceso de producción y sus diferentes etapas, la cantidad de litros producidos y la cantidad de botellas puestas en distribución, entre otros. De esta manera el proyecto busca construir confianza y mejorar la transparencia entre el productor y el consumidor final.

---

<sup>56</sup>**RFID** (identificación por radiofrecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas auto ID (identificación automática). Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

La información recolectada en la primera etapa del proceso proviene de una combinación de hardware y software que se acumula en la blockchain de AgriOpenData para lograr la certificación de los productos y la automatización de la cadena de suministro vía contratos inteligentes. Cada proceso se registra mediante una identificación secuencial. En la primera etapa se asigna una identificación única (ej. 23456a) que se va extendiendo durante los procesos de producción (ej. 23456a-1) y una vez embotellado (23456a-1/b).

#### **4. Los desafíos de implementar blockchain al sector de los agronegocios**

Si bien en los últimos años ha aumentado significativamente el número de estudios que aseguran que la trazabilidad digital que permite la tecnología blockchain puede tener amplios beneficios en el sector de los agronegocios<sup>57</sup>, lo cierto es que aún no se cuenta con una base de casos con trayectoria suficiente para determinar la aplicabilidad de esta tecnología a cualquier producto en cualquier etapa de la cadena de suministro<sup>58</sup>. Tampoco se han analizado en profundidad las desventajas y limitaciones que presenta blockchain como herramienta para registrar digitalmente la trazabilidad de las cadenas de suministro del sector de los agronegocios.

EL primer gran obstáculo con el que se encuentran los productores, en especial los pequeños, es el alto costo de desarrollar y mantener una blockchain. Actualmente existen algunos proyectos, como Farmer Connect o IBM Food Trust, que buscan salvar este obstáculo al poner a disposición de cualquier productor en cualquier parte del mundo una plataforma blockchain para almacenar y compartir información relativa a su negocio de forma privada y segura en la cual el productor sólo tiene que registrarse y comenzar a cargar

---

<sup>57</sup> La FAO ha venido impulsando desde 2018 diversos estudios que afirman las bondades de blockchain como herramienta para potenciar la confianza y transparencia en las cadenas de suministro de los agroalimentos, entre ellos Sylvester, G. (2019). *E-agriculture in Action: Blockchain for Agriculture: Opportunities and Challenges: International Telecommunication Union*. <http://www.fao.org/3/ca2906en/CA2906EN.pdf> y Tripoli, M. & Schmidhuber, J. 2018. *Emerging opportunities for the application of blockchain in the agri-food industry*. Revised version 2020. Rome and Geneva, FAO and ICTSD. <http://www.fao.org/3/ca9934en/CA9934EN.pdf>

<sup>58</sup> Cf. Niccolò Patelli & Mauro Mandrioli (2020). *Blockchain technology and traceability in the agrifood industry*. *Journal of Food Science*, 85, 3670-3677.

información, que puede compartir directamente con las personas o entidades de su elección mediante una serie de permisos, por ejemplo información financiera para obtener préstamos o créditos, reduciendo fricciones y costos de transacción. El uso de la blockchain es libre para los pequeños productores que sólo cargan información, pero tiene un costo para aquellos participantes que desean acceder a la información almacenada. El precio por el uso suele constar de una parte fija en forma de suscripción anual y un costo variable en función de cada transacción realizada.

Food Trust se caracteriza por ofrecer a los participantes módulos especializados para casos de uso particulares. Por ejemplo, el módulo *Trace* permite a los participantes de la cadena de suministro rastrear información sobre la fuente río arriba hacia el destino de producto río abajo. La información detallada en el módulo *Trace* permite a los consumidores y socios acceder a la información sobre el origen y el destino de los alimentos. El módulo *Documents* permite cargar documentos y certificaciones en la blockchain y manejar los permisos de acceso a esa información. El módulo *Insights* permite acceder en tiempo real a información adicional sobre la vida del producto tales como frescura, vencimientos, etc.

Todos los módulos contribuyen a fortalecer la confianza de los consumidores en las marcas, aumentar la eficiencia en la cadena de suministro y detectar rápidamente supuestos de contaminación.

Es necesario señalar que estos costos pueden resultar en un incremento del precio al consumidor final. Sin embargo, un estudio promovido por IBM Food Trust sostiene que el 79% de los consumidores creen que es importante que las marcas garanticen la autenticidad de sus productos y el 59% está dispuesto a cambiar sus hábitos de compra para ayudar a reducir el impacto ambiental de la producción de los alimentos que consumen<sup>59</sup>.

---

<sup>59</sup> Made in Umbria. IBM Food Trust helps certify food authenticity. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2021/03/made-in-umbria-ibm-food-trust-helps-certify-food-authenticity/>

Otra consideración a tener en cuenta es que en blockchain no existe el derecho al olvido. En otras palabras, los datos personales registrados en blockchain no podrán borrarse ni modificarse. Esto es particularmente sensible en relación con los consumidores que acceden a blockchain para consultar información sobre los productos ya que no puede descartarse el riesgo de que las empresas participantes utilicen la información, las búsquedas o consultas para realizar perfiles que puedan ser utilizados para enviar publicidad no deseada. Por eso es esencial diseñar un sistema de permisos y autorizaciones para que cada participante, incluso los consumidores, puedan conceder y cancelar autorizaciones de uso sobre la base de sus propios deseos o necesidades.

Por otra parte, se ha señalado<sup>60</sup> que las tecnologías de registro distribuido pueden resultar muy prometedoras para registrar la trazabilidad de productos como la carne, el pescado, el jamón o el pollo, que son productos con cadenas de suministro lineales, complejas, en la que están involucrados varios actores en diferentes procesos de producción y transformación y donde el TRU es un producto único. En estos casos el uso de blockchain estaría justificado, además, por la cantidad de datos asociados disponibles que pueden resultar de interés del consumidor: técnicas de cultivo, fertilizantes y agroquímicos utilizados, alimentación y bienestar animal (en particular en aquellas granjas donde la alimentación, sanidad y cuidados se encuentran automatizados mediante sensores u otros sistemas de IoT). Sin embargo, blockchain no resultaría apropiado para la completa trazabilidad de otro tipo de alimentos como el vino, el aceite de oliva o los productos lácteos donde el producto final está compuesto mayormente de una mezcla de materia prima proveniente de varios productores diferentes. En estos casos el uso de blockchain debería limitarse al registro de los datos de las últimas etapas de la cadena de suministro. Incluso,

---

<sup>60</sup> Cf. Niccolò Patelli & Mauro Mandrioli (2020). *Blockchain technology and traceability in the agrifood industry*. *Journal of Food Science*, 85, 3670-3677.

sería un costo innecesario su uso en los casos de cadenas de suministro integradas donde un solo actor controla todas las transacciones.

A fin de identificar la tecnología de registro distribuido más apropiada para cada sector los autores Niccolò Patelli & Mauro Mandrioli<sup>61</sup> proponen un modelo basado en una serie de parámetros prácticos relacionados con la estructura y características del producto y de su cadena de suministro.

El primer parámetro a tener en cuenta es la necesidad o no de contar con información certificada sobre determinados ítems tales como país de origen, sistemas de producción (ej. orgánico o tradicional), sanidad animal, etc. En caso de no ser necesario el uso de certificaciones una base de datos común con indicación de fecha es suficiente para cumplir los requisitos de brindar información adicional al consumidor.

El segundo parámetro a evaluar es la cantidad de participantes que registran datos en la blockchain. Si solamente hay una entidad el uso de blockchain no está justificado y resulta más eficiente el uso de una base de datos común. Por el contrario, si dos o más entidades ingresan información, el uso de tecnologías de registro distribuido cobra sentido para otorgar transparencia a las transacciones y crear confianza entre los participantes.

El tercer parámetro está relacionado con la existencia de un Tercero de Confianza que actúa como entidad certificante. Si la cadena de suministro en cuestión requiere la participación de un Tercero de Confianza una blockchain no es realmente necesaria porque es el mismo Tercero de Confianza el encargado de verificar la información y es, por lo tanto, el participante que garantiza la transparencia y la confianza.

El cuarto parámetro tiene que ver con la calidad de los participantes. Si todos los participantes son intrínsecamente dignos de confianza, una verdadera blockchain no es indispensable. En efecto, blockchain fue inicialmente concebida como un sistema que permite garantizar confianza y transparencia en un ecosistema donde cualquier participante

---

<sup>61</sup> Idem

desconocido, y potencialmente malicioso, puede cargar información. Por ello carece de sentido incurrir en los altos costos de mantener una base de datos en blockchain si todos los participantes que graban datos son conocidos y dignos de confianza.

Por último, se debe evaluar si la cadena de suministro en cuestión requiere que el acceso a la información contenida en la base de datos sea pública o no. En el primer caso, blockchain puede ser una buena solución porque permite acceso público, o semipúblico, dependiendo de los permisos otorgados a cada participante. Si la información no necesita ser pública, sino que sólo necesita garantizar el acceso a un determinado número de participantes de la cadena de suministro (ej. no necesita ser accesible a los consumidores) el uso de blockchain no está del todo justificado y es más económico en términos de tiempo y recursos el uso de una base de datos interna.

A modo de conclusión, podría señalarse que todavía quedan muchos aspectos de la tecnología que deben testados para asegurar su completa aplicabilidad a la trazabilidad de los alimentos. Para ello es necesario que cada proyecto o caso de estudio brinde argumentos sólidos sobre las razones por las cuales se utiliza la tecnología blockchain y no otra, definir el tipo de tecnología de registro distribuido utilizada, presentar adecuadamente los problemas encontrados durante el estudio o proyecto y cómo influenciaron en el resultado final así como presentar y discutir apropiadamente los resultados para el caso específico de uso de manera tal que resulten de utilidad para futuros estudios o proyectos<sup>62</sup>.

---

<sup>62</sup> Los autores coinciden en que existen limitaciones a la hora de analizar la literatura y los casos de estudio ya que la mayoría de las fuentes no son académicas y los casos de estudio se construyeron a partir de información contenida en whitepapers y webs corporativas. Cf. Motta y otros, op.cit.



## **Capítulo V**

### **1. MateChain. La blockchain del mate**

La cadena de suministro de la yerba mate es larga e incluye muchos participantes que compiten entre sí, en desigualdad de condiciones, para capturar el mayor valor económico. Lograr una buena interacción y reducir las fricciones entre los participantes es complejo utilizando los sistemas tradicionales. Establecer un ecosistema basado en blockchain que permita la trazabilidad digital sumando el uso de herramientas tales como criptomonedas, contratos inteligentes y sistemas identificación de usuarios y certificación de origen exclusivamente para el sector de la yerba mate puede resultar beneficioso para muchos actores. En primer lugar la relación marcas - consumidores finales se verá fortalecida por el flujo de información que se pondrá a disposición del cliente, logrando mayor fidelización en un mercado sobresaturado. En segundo lugar, los propios participantes de la cadena podrán acceder a herramientas digitales que aumentarán la confianza y transparencia en sus relaciones comerciales, reduciendo fricciones y costos innecesarios. Además, les permitirá cumplir más fácilmente con las obligaciones de trazabilidad previstas en la Guía para la Aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manufactura para el sector de la yerba mate vigente para el sector<sup>63</sup>.

El uso nuevas tecnologías promueve también la inclusión financiera y tecnológica de los pequeños productores y empresarios del sector que podrán competir en mejores condiciones en los nuevos mercados que se abren para la yerba mate<sup>64</sup>.

---

<sup>63</sup>INYM "Guía para la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manufactura" <https://inym.org.ar/download/publicaciones/material-de-consulta/guiasmanuales-y-folletos/2871-guia-para-la-aplicacion-de-buenas-practicas-agricolas-y-buenas-practicas-de-manufactura.html>

<sup>64</sup> El 17 de marzo de 2021 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación anunció un acuerdo histórico con India (1300 millones de habitantes) que permite exportar yerba mate argentina para consumo humano a ese país. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-argentina-logro-la-apertura-del-mercado-de-yerba-mate-india>

Por último, el organismo regulador del sector, el INYM, así como organismos de recaudación de impuestos y aduanas, tendrán la posibilidad de acceder de manera remota a todos los datos compartidos por los participantes, evitando declaraciones juradas en papel y fiscalización presencial de los establecimientos. En efecto, para los actores que participan en las gestión de cadenas de suministro de alimentos la verdadera ventaja de blockchain es la confiabilidad de la información allí almacenada además de que el sistema actúa como lugar centralizado de almacenamiento de todos los datos relativos al ciclo de vida del alimento<sup>65</sup>, lo que resulta de suma utilidad para organismos reguladores y gubernamentales.

En los próximos apartados se describen las bases de un proyecto piloto de trazabilidad y otras herramientas digitales basadas en blockchain diseñado exclusivamente para el sector de la yerba mate, incluyendo las características técnicas y funcionalidades principales, identificación de los nodos participantes y de la información relevante a cargar en cada etapa así como la forma más eficiente de recolección de datos. Finalmente se señalan los desafíos que aún debe afrontar el sector para completar una verdadera digitalización de su cadena de suministro.

### **1.1 Características técnicas del ecosistema Mate Chain**

La primera cuestión a evaluar en el diseño del proyecto es el tipo de tecnología de registro distribuido que conviene utilizar. Actualmente hay varias plataformas que ofrecen servicios de registro de datos y trazabilidad en blockchain para el sector agroalimentario, sin embargo, el tamaño del mercado<sup>66</sup> y las características particulares de la cadena de suministro de la yerba mate justifican el desarrollo de una blockchain privada propia basada en Ethereum con el protocolo Prueba de Autoridad como mecanismo de consenso. Este

---

<sup>65</sup> Xu, Jie; Guo Shuang; Xie, David; Yan, Yaxuan. 2020. "Blockchain: A new safeguard for agri-foods". *KeAi Artificial Intelligence in Agriculture* 4 p. 153-161  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589721720300234>

<sup>66</sup> En 2020 el complejo yerbatero realizó ventas en el mercado interno por USD 1.34 billones y exportaciones por valor de USD 94 millones. Cf. estimaciones realizadas por la autora de este trabajo.

protocolo permite que cada uno de los participantes de la cadena pueda actuar como un nodo autorizado para la carga de datos y los demás participantes pueden confiar en su honestidad. En este punto es necesario señalar que la carga en la blockchain de determinados paquetes de datos aún se hace de forma manual porque los procesos no están totalmente automatizados. Este continúa siendo un punto crítico para asegurar la total confianza y transparencia, porque de hecho nadie puede comprobar que los datos cargados son verdaderos y en teoría existe la posibilidad de que un productor pueda incluir información no verdadera, por ejemplo, un certificado de procedencia de cultivo orgánico cuando en realidad se usaron pesticidas en el campo. Si bien este tipo de comportamientos no pueden anularse completamente, la mayor transparencia de las etapas de la cadena contribuirá a que los actores hagan un mayor esfuerzo por aportar información verdadera sobre sus procesos productivos porque las probabilidades de que se descubra un fraude o un engaño son mucho más altas y las consecuencias mucho más severas. En efecto, si la comunidad descubre que uno de sus miembros ha incurrido en una conducta engañosa, la primera medida será su expulsión como nodo autorizado a cargar datos. La empresa o persona quedará de ese modo excluida de la comunidad digital y su reputación se verá seriamente afectada. En segundo lugar sufrirá el castigo de los consumidores, que elegirán no comprar una marca que incurre en engaño. Por último, las consecuencias legales y contractuales serán inmediatas porque el fraude permitirá a las partes de buena fe rescindir con causa los contratos vigentes. Además, en el plano regulatorio y administrativo pueden surgir sanciones de parte del organismo regulador, que es una parte autorizada a acceder a los datos contenidos en la blockchain para llevar a cabo sus procesos de verificación y auditoría. Además el actor malicioso se expone a causas civiles por competencia desleal y penales por fraude económico.

Una posibilidad interesante es que la blockchain tenga su propia moneda o token de intercambio que podría usarse como fuente de financiación para los participantes del ecosistema. Asimismo, contar con una billetera electrónica y un sistema de gestión de pagos sin duda facilita las transacciones internas.

La propuesta de arquitectura que se describe a continuación está basada en el modelo de Food Coin<sup>67</sup>, un ecosistema blockchain con múltiples funcionalidades diseñado para ser una plataforma universal para el desarrollo de los negocios relacionados con el sector de los agroalimentos<sup>68</sup>.

Siguiendo el modelo Food Coin se propone un ecosistema con siete funcionalidades principales orgánicamente vinculadas a la plataforma pero con la capacidad de funcionar como elementos independientes:

**a) Base de datos de registro distribuido (MateChain)** donde cada participante pueda registrar información sobre su eslabón en la cadena de suministro. Esta función será básica para registrar la trazabilidad de la yerba mate desde la semilla hasta la góndola y tendrá el PoA como mecanismo de consenso. Los nodos autorizados para la carga de datos y la forma de recolectar dichos datos se describe detalladamente en los próximos apartados;

**b) Criptomoneda (MateCoin)** para efectuar pagos y realizar transacciones dentro del ecosistema. MateCoin será un token emitido a través de contratos inteligentes basados en la blockchain de Ethereum.

**c) Billetera digital (MateWallet)** multinivel y multifunción. Multinivel significa que puede operar internamente entre los usuarios y además se pueden realizar transacciones y pagos hacia billeteras digitales externas al ecosistema. Multifunción significa que puede operar con la criptomoneda del ecosistema y también con otras criptomonedas alternativas. La billetera

---

<sup>67</sup> Food Coin Ecosystem Whitepaper  
<https://fcegroupp.ch/files/foodcoin-whitepaper-tmp-2017-09-10.pdf>

<sup>68</sup> La propuesta de Food Coin es superadora respecto del modelo presentado por IBM Food Trust por contar con herramientas tales como su propia criptomoneda, su propia billetera digital y su propio sistema de procesamiento de pagos.

digital permitirá abrir cuentas multimonedas (moneda fiduciaria y criptomoneda), emitir facturas y pagar cuentas, acceder a operaciones de intercambio o conversión de monedas.

**d) Servicio de procesamiento de criptopagos** (MatePay) que permitirá: (i) realizar de forma gratuita e instantánea pagos con criptoactivos, (ii) intercambiar cripto activos por moneda de curso legal (mediante una asociación con entidades bancarias en jurisdicciones *blockchain - loyal*), (iii) emitir y recibir facturas o recibos, (iv) realizar pagos recurrentes, (v) asociar cuentas y tarjetas bancarias, (vi) la integración con software de terceros como restaurantes, control de inventario, contadores, etc. mediante APIs. (vii) comprar y vender criptoactivos en línea y acumularlos de forma segura.

**e) Sistema de verificación de identidad.** Si bien los orígenes de blockchain plantean la anonimidad de los participantes de la red, su aplicación al mundo de los negocios sería imposible sin herramientas seguras de verificación de los usuarios. Por ello la identificación de los actores en Mate Chain será voluntaria pero al mismo tiempo una condición esencial para realizar transacciones en el ecosistema.

A fin de validar su identidad digital en el ecosistema el usuario debe obtener confirmación por parte de una tercera entidad (banco, notario, administración pública, etc.). Una vez obtenida la confirmación, el sistema emite ciertos tokens NFT, cuyas claves públicas las partes de un contrato inteligente pueden intercambiar para confirmar sus respectivas identidades. Un token NFT (Non Fungible Token) es una ficha criptográfica en la blockchain con características únicas que representa un activo en el mundo digital o versiones *tokenizadas* del mundo real. Los tokens NFTs tienen la propiedad de ser únicos, no fungibles, y por ello se utilizan como medio para demostrar la autenticidad y la propiedad de un activo en un ecosistema digital, en este caso, la ficha de identificación de los usuarios<sup>69</sup>.

---

<sup>69</sup> El mecanismo más utilizado para emitir NFTs es el estándar ERC-721, diseñado sobre la blockchain de Ethereum. El estándar ERC-721 crea una estructura de programación y smart contract básico que todo token NFT debe tener. A partir de allí, los desarrolladores solo deben agregar sus características únicas, mientras que el control de la no fungibilidad, marcación criptográfica, intercambio y propiedad de los activos recae sobre las funciones estándar ya definidas en el

**f) Contratos inteligentes.** Los usuarios de la plataforma pueden crear contratos inteligentes gestionados por uno o más administradores de acuerdo a los permisos conferidos por su creador. Los administradores integrados horizontalmente en el contrato inteligente tendrán los mismos derechos, lo que no pueden ser limitados después de la firma del contrato. Los administradores pueden invitar a otras partes de la transacción a convertirse en partes o verificadores del contrato inteligente en cuestión. Crear y mantener contratos inteligentes en el ecosistema de Mate Chain no requerirá habilidades de programación. Una biblioteca abierta de modelos estándar de contratos inteligentes estará disponible para los participantes del ecosistema con interfaces amigables e intuitivas.

**g) Sistema de verificación de origen.** son contratos inteligentes basados en Ethereum firmados por uno o más expertos (públicos o privados) de indiscutida autoridad en asuntos de autenticación de origen de los bienes objeto del contrato inteligente. La integración de este sistema de verificación de origen con los registros públicos del INYM pueden contribuir a reducir significativamente la circulación de productos ilegales, por ejemplo paquetes de yerba sin estampillar.

## **1.2 Nodos participantes**

La segunda cuestión importante a definir en el diseño del ecosistema es quiénes son los participantes o nodos autorizados para la carga de información, el paquete de datos a incluir y de qué manera (automatizada o manual) se realizará dicha carga. Para definir los participantes es necesario recordar los eslabones de la cadena de suministro descritos en el Capítulo I de este trabajo:

### **i) Etapa de Germinación**

El vivero proveedor de los plantines debería ser el primer eslabón de la cadena de suministro en proveer información. La información mínima a incluir es la siguiente: origen de

---

ERC-721. Un estándar más reciente, y mejorado, es el ERC-1155. Éste permite que un contrato único contenga tanto tokens fungibles como no fungibles facilitando la interoperabilidad, es decir que activos únicos pueden ser transferidos entre distintas aplicaciones con relativa facilidad.

la semilla que da lugar al plantín o minicepa (INTA, yerbal propio, otros), tiempo de permanencia en el vivero, fertilizantes utilizados y posibles enfermedades sufridas por las plantas. La forma de ingreso de los datos en la blockchain dependerá de los sistemas existentes en el vivero. Si la instalación cuenta con sensores automatizados para la aplicación de riego, fertilizantes u otros factores, los sistemas de IoT se conectan directamente con la base de datos descentralizada y la carga de datos es automática. De lo contrario deberá capacitarse al personal para realizar la carga de datos de forma manual.

### **(ii) Etapa de implantación y labranza**

El segundo eslabón en la cadena de suministro es el productor primario. La información mínima a incluir es la siguiente: geolocalización del yerbal, antigüedad del yerbal, división en lotes o unidades productivas, estudios de análisis de suelo, certificación orgánica si hubiera o bien detalle de los fertilizantes utilizados en la labranza. En caso de aplicación de productos fitosanitarios es conveniente incluir el registro de las aplicaciones, con fecha, tipo de tratamiento, dosis y estado vegetativo de la plantación en el momento del tratamiento, en cada unidad de la explotación. Por otra parte, sería muy beneficioso señalar el programa de gestión de residuos utilizado en la chacra (por ej. recuperación de envases plásticos de agroquímicos). Por último se puede señalar la fuente de agua de riego y los estudios realizados para comprobar su pureza.

### **(iii) Etapa de cosecha**

El tercer eslabón en la cadena de suministro es la cosecha. La cosecha puede efectuarse por el propio productor primario o bien por una tercera empresa quien será el encargado de cargar los datos. La información mínima a incluir es la siguiente: método utilizado (manual, mecánico o una mezcla de ambos), período de carencia según el tipo de producto fitosanitario o abono orgánico utilizados en el cultivo, período que el cultivo permaneció en

el campo después de cosechado<sup>70</sup>. Una innovación interesante para el segmento de la cosecha sería identificar las “ponchadas”, contenedores o lotes de hoja verde cosechada con un código QR que permita seguir su trazabilidad desde el campo hasta la planta de secado. De esta forma los datos relativos a los lotes cosechados, la distancia recorrida por el transporte hasta el secadero, el tiempo de permanencia los camiones y otros datos relacionados, se cargan automáticamente en la blockchain mediante lectura del código correspondiente.

Una cuestión importante que debe ser incluida en la blockchain es la certificación de que la cosecha ha sido realizada por personas mayores de edad, aptas para dicho trabajo y no se ha involucrado trabajo infantil.

#### **(iv) Etapa de secado y canchado**

El cuarto eslabón de la cadena de suministro es el secado de la hoja verde. El responsable de la carga de datos es la empresa o cooperativa que opera la planta de secado y la información mínima que se debería incluir es la siguiente: fuente de energía (leña, gas, chips, palitos de yerba mate, etc.), tipo de secadero (barbacuá, catre, cinta, rotativo, transporte neumático, mixtos, etc.) y nivel de humedad alcanzado<sup>71</sup>.

#### **(v) Etapa de estacionamiento**

El quinto eslabón en la cadena de suministro es el estacionamiento. El responsable de la carga de datos es la empresa que opera la planta de estacionamiento y la información mínima que se debería incluir es la siguiente: geolocalización de la planta, tipo de estacionamiento (natural y acelerado), período de estacionamiento, condiciones de temperatura, humedad y circulación de aire de la cámara.

---

<sup>70</sup> La información sobre el período de permanencia de la hoja verde en el campo es importante porque la hoja verde recién cosechada no debe entrar en contacto con el suelo, para evitar la contaminación con tierra, estiércol o plagas. El material cosechado debe permanecer en el campo el menor tiempo posible, evitando su exposición al sol o al suelo mojado, en particular en el período primavera-estival.

<sup>71</sup> El contenido de humedad adecuado es del 2-4 %, valor que evitará el crecimiento de hongos en la etapa de estacionamiento.



#### **(vi) Etapa de molienda y envasado**

El sexto eslabón en la cadena de suministro es el molino donde se realiza la molienda, mezcla y envasado de la yerba mate. El responsable de la carga de datos es la empresa que opera el molino y la información mínima que se debería incluir es la siguiente: tipo de molienda (integral o diferenciada en hojas y palos), grado de pulverización de la molienda, porcentaje de palitos y polvo admitidos y porcentajes de las diferentes mezclas, sistema de envasado (prensado o flojo), recipientes (bolsas, frascos, sobres, vasos plásticos, etc.). En el proceso convencional es en esta etapa donde se coloca la estampilla del INYM que acredita el pago de la tasa de fiscalización y control prevista por la ley 25.564. El sistema de trazabilidad digital permite el reemplazo de las estampillas de control del INYM en cada uno de los paquetes de yerba por información registrada en la base de datos trazable mediante el cruzamiento de información con la Agencia Tributaria de Misiones. Esta herramienta ayudaría a evitar fraudes en el pago de las tasas, agilizar los procesos de envasado y distribución y facilitar el control del INYM.

#### **(vii) Etapa de almacenaje, transporte y distribución**

El séptimo eslabón en la cadena de suministro incluye la etapa de almacenaje, transporte y distribución. El responsable de la carga de datos será la empresa responsable de la logística del producto final. En la mayoría de los casos el eslabón quinto y sexto se encuentran integrados y es el propio molino quien realiza el conjunto de etapas finales. La información mínima que se debería incluir es la siguiente: condiciones ambientales y de sanidad del centro de almacenaje, flujo de rotación de existencias, tiempo de permanencia en el centro de almacenaje, condiciones y características del transporte, tiempo de permanencia en tránsito, distancia recorrida, y destino final del producto (grandes superficies, dietéticas, bares, restaurantes).

#### **(viii) Consumidor Final**

El consumidor es el último eslabón de la cadena de suministro. Cuando un paquete de yerba llega a su mesa tendrá impreso un código QR que le permitirá acceder a todo o parte (dependiendo de los permisos otorgados) de los datos reseñados en los párrafos anteriores de manera gratuita y anónima. Para reducir el riesgo de que los datos personales de los consumidores finales que acceden a la blockchain puedan ser utilizados para construir perfiles o enviar publicidad no deseada se propone utilizar técnicas de hash como garantía de anonimización de los datos personales<sup>72</sup>.

En caso de utilizar datos personales de los consumidores para realizar estadísticas u otros relevamientos o entrenar mecanismos de IA o Machine Learning, además de las técnicas de anonimización<sup>73</sup> se utilizarán técnicas SDC (Statistical Disclosure Control) para evaluar el riesgo de que los datos anonimizados puedan ser nuevamente desanonimizados<sup>74</sup>. Una de las técnicas de SDC más utilizadas es la K-anonimidad. La K-anonimidad es una propiedad de los datos anonimizados que permite cuantificar hasta qué punto se preserva la anonimidad de los sujetos presentes en un conjunto de datos en el que se han eliminado los identificadores. Dicho de otro modo, es una medida del riesgo de que agentes externos puedan obtener información de carácter personal a partir de datos anonimizados<sup>75</sup>

#### **(viii) Sector público**

---

<sup>72</sup> Una función resumen o función hash es un proceso que transforma cualquier conjunto arbitrario de datos en una nueva serie de caracteres con una longitud fija, independientemente del tamaño de los datos de entrada. El resultado obtenido se denomina hash, resumen, digest o imagen. El término “hash” se utiliza tanto para referirse a la función hash como al valor que resulta de ejecutar dicha función sobre un mensaje en particular.

<sup>73</sup> Existen datos personales que se catalogan como “identificadores” ya que están asociados de forma unívoca a un sujeto, como son el DNI, el nombre completo, el pasaporte o el número de CUIL. El proceso básico de anonimización consiste en disociar de los identificadores el resto de los datos más genéricos o “pseudo identificadores” asociados a un sujeto como la fecha de nacimiento, el municipio de residencia, el género, etc. El conjunto de datos preservados serán aquellos necesarios para cumplir con el objetivo del tratamiento.

<sup>74</sup> El proceso de anonimización a que son sometidos los datos personales para su tratamiento puede ser revertido si los datos que no son “identificadores” pero que podrían llegar a señalar de forma unívoca a un individuo son convenientemente agrupados y cruzados con otras fuentes de información.

<sup>75</sup> Agencia Española de Protección de Datos. “La K-anonimidad como medida de la privacidad”. <https://www.aepd.es/sites/default/files/2019-09/nota-tecnica-kanonimidad.pdf>

Como se ha mencionado anteriormente, la yerba mate es un sector altamente regulado. El INYM controla la producción de hoja verde desde la germinación hasta la distribución final, fija el precio de la materia prima, realiza estadísticas a través de las declaraciones juradas que presentan los productores, secaderos y molinos, y controla el pago de la Tasa de Fiscalización prevista en la Ley 25.564. Permitir el acceso del INYM a la plataforma MateChain y coordinar las acciones de todos los actores en forma conjunta con el organismo de aplicación, aliviaría las fricciones en la cadena de suministro y agilizaría los tiempos y los costos del procesos de contralor.

Además, si se permite el acceso de otros organismos públicos provinciales a la plataforma (Ministerio del Agro, Agencia Tributaria, Tribunal de Cuentas, etc. ), se facilita al Estado la tarea de asignar fondos, subsidios, ayudas financieras o elementos de trabajo a los pequeños productores, controlar el cumplimiento de los objetivos propuestos al entregar las ayudas, así como gestionar de forma eficiente la rendición de los fondos o subsidios otorgados.



Universidad de  
San Andrés

## Capítulo VI

### **1. Conclusiones**

Tal y como sucede con muchos commodities producidos en países del sur y consumidos en países del norte, la distribución de ingresos a lo largo de la cadena de suministro es profundamente inequitativa. En el sector del café, por ejemplo, son los tostadores, titulares de las marcas y distribuidores en los países importadores de café quienes capturan mayor valor económico mientras que los productores de la materia prima reciben precios mínimos y no consiguen salir de una economía de subsistencia.

En parte, se debe a que los activos intangibles representan el 31% del valor total de los ingresos en el mercado de alimentos y bebidas y quienes sean titulares y gestionen de manera eficiente dichos activos están en mejores condiciones de capturar mayor valor económico<sup>76</sup>.

La yerba mate no es una excepción a esta regla. Durante años, el consumo masivo de yerba en el mercado interno ha llevado a los actores de la cadena de suministro a competir únicamente por precio y volumen, dejando de lado consideraciones como el origen de la hoja verde, las técnicas de cosecha y secado, el uso o no de pesticidas, el impacto ambiental de la producción, los valores intrínsecos de la marca (erradicación del trabajo infantil, erradicación de condiciones indignas en la cosecha), entre otros factores relacionados con el origen y la calidad.

Sin embargo, la demanda de mercados más sofisticados de conocer la trazabilidad de los alimentos *from farm to fork* empujan a los productores a iniciar de forma urgente el proceso de digitalización de su cadena de suministro, a riesgo de perder competitividad y valor de mercado.

---

<sup>76</sup> Cf. WIPO Report 2017 *“Intangible Capital in global Value Chains. Chapter 2. Coffee: How consumer choices are reshaping the global value chain”*, ya citado.

La reciente apertura del mercado de la India para la exportación de yerba mate para consumo alimentario representa un importantísimo desafío para el sector. Los productores primarios todavía están a tiempo de desarrollar y poner en valor sus activos intangibles para llegar mejor preparados a los mercados internacionales. El reconocimiento de indicaciones geográficas y denominaciones de origen, el registro de marcas y la incorporación de marcas de certificación (para verificar que el cultivo es orgánico, que la cosecha se ha realizado sin trabajo infantil, que el secado se ha realizado por métodos tradicionales, etc.) son herramientas de propiedad intelectual muy valiosas para posicionarse en el mercado como un producto con identidad y no como un mero commodity o producto genérico.

En este contexto, las nuevas tecnologías de registro distribuido demuestran su potencial como “vidriera” inmutable y transparente para permitir a los consumidores examinar la cadena de suministro de los alimentos que consumen y de esa manera verificar que está realizando un consumo consciente, responsable, ambientalmente sustentable y alineado con sus propios valores de comercio justo y equidad.

Sin embargo, la plena adopción de las TRD como herramienta digital para registrar trazabilidad y transparentar la cadena de suministro, todavía debe superar varios obstáculos. El primero consiste en el desconocimiento general de la tecnología, su aplicación al sector y los costos en términos de tiempo y dinero que demanda su implementación. En segundo lugar, los usuarios deben adquirir una mejor comprensión sobre la forma en que los datos son almacenados y manipulados en la blockchain. El desarrollo de un marco normativo adecuado para la protección de los datos personales de los usuarios de blockchain es uno de los mayores desafíos que enfrenta esta tecnología, ya que si bien la información se encuentra encriptada, existe la posibilidad de ataques y filtraciones. Por último, hay que señalar que blockchain y las TRD en general son tecnologías incipientes que aún deben resolver varios aspectos técnicos de interoperabilidad e integración con los sistemas de

trazabilidad existentes, coexistencia de múltiples blockchain, aceptación de las partes interesadas, estandarización de terminología y vocabulario, uso y rendimiento a lo largo del tiempo y gobernanza de la blockchain, entre otras.

Para un desarrollo más rápido de la tecnología, es indispensable que los gobiernos promuevan políticas públicas de fortalecimiento del ecosistema blockchain en el sector de los agroalimentos como forma de lograr mayor competitividad, optimizar los recursos y asegurar la sustentabilidad.

No es casualidad que el café haya sido una de las primeras cadenas de suministro en experimentar con blockchain. Su trayectoria de cincuenta años de expansión internacional le ha permitido comprender que una gestión adecuada de sus activos intangibles más el aprovechamiento de las tecnologías digitales es el camino para lograr competitividad y sustentabilidad, enseñanza que no debería pasar desapercibida para el sector de la yerba mate.



## 1. Bibliografía

- Augustin-Jean, L; Ilbert, H.; and Saavedra-Rivano, N. 2012. *Geographical Indications and International Agricultural Trade. The Challenge for Asia*. UK: Pallgrave Macmillan.
- Bárbaro, L. y Sforza, O. (2016) “Rescate y Valorización de la Yerba mate de Barbacuá, como un producto diferenciado, en la zona centro de la provincia de Misiones”. E.E.A. Cerro Azul Boletín Técnico N° 13.  
  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/publicacion\\_proyecto\\_barbacu\\_2016\\_final.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/publicacion_proyecto_barbacu_2016_final.pdf)
- Buterin, V. “A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform” <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- FoodCoin Ecosystem Whitepaper (2017).  
  
<https://fcegroup.ch/files/foodcoin-whitepaper-tmp-2017-09-10.pdf>
- IFAD (2019) “Exploring the advantages of blockchain technology for smaller farming”.  
  
[https://www.aesanetwork.org/wp-content/uploads/2019/11/Exploring-the-Advantages-of-blockchain\\_smallholders.pdf](https://www.aesanetwork.org/wp-content/uploads/2019/11/Exploring-the-Advantages-of-blockchain_smallholders.pdf)
- INYM “Guía para la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manufactura en el sector de la yerba mate”.  
  
<https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/material-de-consulta/guiasmanuales-y-folletos/2871-guia-para-la-aplicacion-de-buenas-practicas-agricolas-y-buenas-practicas-de-manufactura.html>
- Mora, Santiago J. “La tecnología blockchain. Contratos inteligentes, ofertas iniciales de monedas, y demás casos de uso”. La Ley 1 Abril 2019 (AR/DOC/537/2019)
- Motta, G. A., Tekinerdogan, B., and Athanasiadis, I. N. (2020). ‘Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave.’. *Frontiers in Blockchain* 3. Article 6. ISSN 2624-7852.

- Nakamoto, S. *"Bitcoin. A peer -to- peer electronic Cash System"* (2008)  
<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Patelli, N. and Mandrioli, M. *Blockchain technology and traceability in the agrifood industry*. Journal of Food Science. Vol. 85, iss. 11, 2020. Page 3670 - 3677
- PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake, Sunny King and Scott Nadal (2012) <https://decred.org/research/king2012.pdf>
- Rodríguez, L. (2017) *"El anhelo del Oro Verde: El sistema barbacuá en la industria de la yerba mate, Misiones 1970-2014"*. Estudios Rurales, Vol. 7 N°. ISSN 2250-4001 12. Buenos aires, p. 165-188.
- Sylvester, G. (2019). *E-agriculture in Action: Blockchain for Agriculture: Opportunities and Challenges: International Telecommunication Union*.  
<http://www.fao.org/3/ca2906en/CA2906EN.pdf>
- Tripoli, M. & Schmidhuber, J. 2020. *Emerging opportunities for the application of blockchain in the agri-food industry. Revised version*. Rome and Geneva, FAO and ICTSD. <http://www.fao.org/3/ca9934en/CA9934EN.pdf>
- Van Hilten, M, Ongena, G and Ravesteijn, P. 2020. *Blockchain for Organic Food Traceability: Case Studies on Drivers and Challenges*. Frontiers in Blockchain 3. Article 565175.
- WIPO Report 2017 *"Intangible Capital in global Value Chains. Chapter 2. Coffee: How consumer choices are reshaping the global value chain"*.  
[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_944\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2017.pdf)
- Xu, Jie; Guo Shuang; Xie, David; Yan, Yaxuan. 2020. *"Blockchain: A new safeguard for agri-foods"*. KeAi Artificial Intelligence in Agriculture 4 p. 153-161  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S25897217203>