

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TEMA:

**Análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de
café dentro del Ecuador**

AUTOR:

Ordóñez Silva, José Enrique

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de

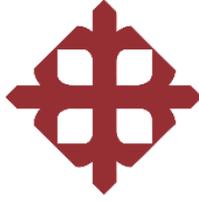
INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TUTOR:

Ing. Cornejo Gómez Galo Enrique, Mgs

Guayaquil, Ecuador

17 de febrero del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

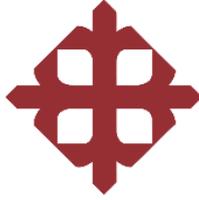
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Ordóñez Silva, José Enrique**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de la Computación**.

TUTOR

f. _____
Ing. Cornejo Gómez Galo Enrique, Mgs

Guayaquil, a los 17 días del mes de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ordóñez Silva, José Enrique**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, **Análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

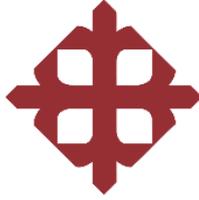
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

f. 

Ordóñez Silva, José Enrique



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ordóñez Silva, José Enrique**

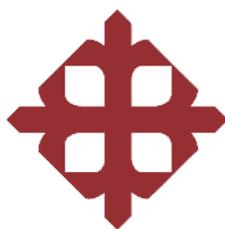
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular, “**Análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR:

f. 

Ordóñez Silva, José Enrique



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

REPORTE URKUND

URKUND

Documento	Trabajo de Titulación Ordoñez_vU.odf (D157756635)
Presentado	2023-02-03 09:41 (-05:00)
Presentado por	galo.cornejo@cu.ucsg.edu.ec
Recibido	galo.cornejo.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	TT Jose Ordoñez Mostrar el mensaje completo

0% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fecha de elaboración: 03-02-2023

Firma:



Proceda al escaneo con su dispositivo móvil
GALO ENRIQUE
CORNEJO GÓMEZ

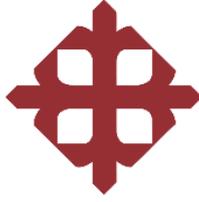
ING. GALO CORNEJO GÓMEZ, MGS.
Tutor de Trabajo de Titulación
Carrera de Ciencias de la Computación

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, sus docentes, compañeros de aula que fueron partícipes de mi formación. Mi familia y amigos por estar presente en los momentos más difíciles de mi camino para conseguir llegar a este logro.

DEDICATORIA

“A Betty, Willian y Kathiana, siempre en mis memorias.”



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Ana Isabel, Camacho Coronel, Mgs.

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. José Miguel Erazo Ayón

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Roberto García Sánchez

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	4
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Alcance del problema.....	8
1.4 Justificación e importancia.....	9
1.5 Preguntas de investigación.....	9
1.6 Variables de la investigación.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Blockchain.....	11
2.2 Café.....	30
2.3 Realidad del proceso de cultivo en el Ecuador.....	34
2.4 Aspecto Legal.....	35
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1 Enfoque de investigación.....	36
3.2 Tipo de investigación.....	36
3.3 Población y muestra.....	37
3.4 Técnicas e instrumentos para obtención de información.....	37
3.5 Análisis de datos.....	37
CAPÍTULO IV PROPUESTA METODOLÓGICA.....	39
5.1 Presentación de propuesta.....	39
5.2 Arquitectura sugerida del modelo.....	39
5.3 Selección de Herramientas.....	41
5.4 Especificaciones Funcionales.....	43
5.5 Contrato inteligente.....	43
5.6 Propuesta de implementación.....	44
5.7 Costo.....	55
5.8 Problemas a Enfrentar.....	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	20
Tabla 2	23
Tabla 3	25
Tabla 4	27
Tabla 5	29
Tabla 6	31
Tabla 7	32
Tabla 8	42
Tabla 9	47
Tabla 10	48
Tabla 11	48
Tabla 12	49
Tabla 13	50
Tabla 14	56
Tabla 15	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	16
Figura 2	24
Figura 3	24
Figura 4	24
Figura 5	25
Figura 6	26
Figura 7	28
Figura 8	32
Figura 9	33
Figura 10	33
Figura 11	41
Figura 12	44
Figura 13	45
Figura 14	45
Figura 15	46
Figura 16	46
Figura 17	47
Figura 18	50
Figura 19	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Estructura de Entrevistas.....	67
--------------------------------	----

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto de integración curricular es lograr un análisis de la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café en el Ecuador. Se procedió con un enfoque cualitativo en la recopilación de información de procesos llevados por agricultores de café ubicados en la provincia de Loja. Se realizó una descripción de los procesos que componen la tecnología blockchain junto con métodos y modelos usados en diversas aplicaciones del área de la agricultura. El resultado fue la presentación de un modelo que posibilita una aplicación a través de contratos inteligentes, con una sugerencia de un modelo aplicable en el área de análisis.

Palabras Claves: tecnología blockchain, cultivo de café, contratos inteligentes.

ABSTRACT

The main objective of this curriculum integration project is to achieve an analysis of the application of blockchain technology for the registration of coffee cultivation in Ecuador. A qualitative approach was taken in collecting information from coffee farmers located in the province of Loja. A description of the processes that make up blockchain technology, along with methods and models used in various agricultural applications, was carried out. The result was the presentation of a model that enables an application through smart contracts, with a suggestion of a model applicable in the analysis area.

Keywords: *blockchain technology, coffee cultivation, smart contracts.*

INTRODUCCIÓN

La tecnología es esa herramienta que cambia las reglas del juego al ser un factor destacado cuando su aparición toma un rol hegemónico. Dentro de los nombres dados a muchos tipos de tecnologías se encuentra el término emergente. Según Concari (2014), las tecnologías emergentes son innovaciones en el desarrollo que en el futuro cambiarían la manera de vivir y producir al hacer las tareas más fáciles o seguras. Además, entre ellas figuran las tecnologías discontinuas derivadas de innovaciones y tecnologías más evolucionadas formadas a partir de la convergencia de ramas de investigación previamente separadas.

El nacimiento de nuevas tecnologías en la actualidad se encuentra frente a un extenso uso de derechos de propiedad intelectual como mecanismo de registro de su origen. Las innovaciones logran una protección mediante los derechos de la Propiedad Intelectual (P.I). Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (*OMPI*, s. f.) el lograr una patente, además de reconocer y premiar el trabajo de los inventores es una ventana a la divulgación de la misma, al tener que explicar detalladamente cómo funciona, amplía el volumen de la información tecnológica. Por otro lado, Lopez (2013) explica que el uso de patentes propone un reto al momento de querer aplicar una tecnología en especial si esta entra dentro de la definición de emergente, dando pie al uso de instrumentos como serían las tecnologías de libre acceso.

La aplicación de tecnologías varía dependiendo la ventana por la que se observe. “En América Latina, en particular, la pobreza, la desigualdad, una infraestructura digital deficiente y la escasez de recursos altamente calificados en informática conspiran contra el avance tecnológico de la región” (Pasquali, 2021). Según un estudio publicado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, en una escala de 1 a 0, donde uno es el máximo: Brasil con 0.65, Chile con 0.57, México con 0.54 y Costa Rica con 0.51 son las naciones más preparadas de Latinoamérica para las tecnologías de vanguardia (UNCTAD,

2021). Las escalas obtenidas por los países son una muestra en números de la situación de la región frente a las tecnologías en crecimiento, en paralelo a países desarrollados, existe un claro desafío para el progreso y adaptación de nuevas tecnologías en el escenario latinoamericano.

De la mano del estudio publicado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, Ecuador se encuentra con una calificación de 0.34 de 1 (UNCTAD, 2021). En contraposición a la calificación que enfrenta el país, en una encuesta titulada *Tendencias Tecnológicas de Mayor Impacto en el Ecuador para el Año 2020* (s. f.) realizada por EY (Ernst Young) y la revista IT Ahora, recogiendo la opinión de 180 líderes de negocio y de tecnología, se encuentra una pregunta que plantea la interrogante ¿Cuáles son los principales retos de negocio que su organización deberá cumplir en los siguientes dos años 2020 – 2021? Encontrando en primer lugar el innovar en productos o servicios. Dentro de la encuesta planteada, se localiza una lista sobre las tecnologías emergentes como son: Big Data, Cloud, Inteligencia Artificial (IA), Automatización de Robótica de Procesos (RPA), Internet de la Cosas (IoT), Realidad Aumentada, Impresión 3D y Blockchain.

En el marco de las tecnologías emergentes aparece el nombre de Blockchain y adentrándose a la búsqueda de una definición se encuentra la brindada por Hayes (2022) definiendo como una blockchain o cadena de bloques a la base de datos distribuida que se comparte entre los nodos de una red informática. Como base de datos, una cadena de bloques almacena información electrónicamente en formato digital. Expuestos los escenarios sobre las tecnologías emergente y dando una breve definición de Blockchain encontrando que es una herramienta de libre acceso y clasificada dentro de las tecnologías emergentes, se plantea su aplicación para el registro de cultivo de café dentro de Ecuador

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Ubicación del Problema en un Contexto

Datos estadísticos sobre el mercado del café en el mundo lo posicionan como una de las bebidas más populares del mundo en la actualidad con una producción mundial de café de 167,47 millones de sacos de 60 kilogramos y un consumo de 166,4 millones de sacos de 60 kg (Orús, 2022).

Dentro de los principales productores de café se encuentra Brasil, el cual registro un volumen de 56.3 millones de sacos de 60 kg durante el 2021, seguidos por Vietnam y Colombia respectivamente (Orús, 2022). El alto nivel de producción de Brasil se debe en gran parte al uso de tecnología. Esto se valida con el estudio titulado La Cultura del Café: Análisis de Costos de Producción y la rentabilidad en los años de cosecha 2008 a 2017 (Conab, 2017), en donde se puede observar un aumento de su producción sostenido a lo largo del tiempo de análisis del estudio y donde el mismo asegura ser en gran parte por el uso de tecnología en partes de la producción como es el riego, recolección y genética.

Colombia, otro gran productor de café y que coincidentemente se ubica en América Latina, se encuentra en la búsqueda y aplicación de tecnologías para mejorar su producción de café. Sanabria-Gómez y Caro-Moreno (2020) detallan como principales aspectos de conocimiento y su aproximación tecnológica a: técnicas de cultivo, control de enfermedades y plagas, aspectos climatológicos, calidad, procesamiento, entre otras. La información investigada demuestra un atraso de los aspectos como calidad y procesamiento del café debido a la búsqueda de aminorar costos y subir el porcentaje de beneficio por kilogramo producido.

“La producción de café en Ecuador ascendió a un estimado de 261 mil sacos de 60 kilogramos en el año comercial 2020/21, disminuyendo por primera vez después de tres años consecutivos de aumento de los niveles de producción” (Trenda,2022). Dentro del escenario ecuatoriano se puede observar una producción que ha mostrado decrecimiento principalmente afectado por “Los precios del café que no han sido favorables para los caficultores. La falta de rentabilidad, otros cultivos más atractivos y los elevados costos de producción han hecho disminuir la producción” (Castellano, 2022).

Castellano (2022) , plantea la existencia del argumento que indicaría que la exportación de café no ecuatoriano de menor calidad que ha sido etiquetado podría implicar relaciones negativas en lo posterior. Esta exportación de café se da en términos de El Régimen 21 “El Régimen de admisión temporal para perfeccionamiento activo es un régimen aduanero a través del cual se puede introducir mercancías al territorio ecuatoriano, para ser sometidas a un proceso de perfeccionamiento” (*Regímenes Aduaneros – Servicio Nacional de Aduana del Ecuador*, s. f.). El aprovechamiento de este régimen es mayor por parte del café soluble, permitiendo aprovechar el café de menor calidad y brindarle una metamorfosis hacia la reexportación con marca nacional desde Ecuador. Toda esta transición afecta a los productores locales enfocados en un producto de calidad.

Orientar la generación de un producto de calidad es inherente dentro de las provincias productoras de café en Ecuador y el brindar opciones de la mano de nuevas tecnologías permitiría un paso contundente a la meta que se proponen los productores. El seguimiento de la trazabilidad de café a lo largo de la cadena de suministro es una excelente propuesta para los productores enfocados en brindar un producto de calidad. Tradicionalmente existen diferentes normativas que exigen el aseguramiento de la trazabilidad de alimentos desde las fases de transformación hasta su distribución, el consumidor final no tiene una manera eficaz de comprobar el cumplimiento de la misma. Dentro de las tecnologías emergente existen un amplio abanico de herramientas que ayudarían a un rastreo eficaz e interesante para todas las partes involucradas, entre las que llama la atención está el Blockchain.

“Blockchain es un libro mayor compartido e inmutable que facilita el proceso de registro de transacciones y seguimiento de activos en una red comercial” (Agrawal et al., 2021). El uso de Blockchain permitiría la digitalización de la cadena de producción. Al ser un registro inalterable conseguiría un mayor enfoque para el cumplimiento de normativas y una ventaja competitiva de los productores de café. Por su característica de tecnología emergente es un caso de estudio interesante su aplicación a campos como el cultivo de café.

1.1.2 Causas y Consecuencias del Problema

Dentro de Ecuador y según lo indicado en el Fórum Cultural de Café (2019) el país es uno de los pocos en el mundo donde hay posibilidad de cultivar café en una amplia geografía permitiendo que se produzca café en 23 de sus 24 provincias.

Para Venegas Sánchez et al., (2018):

Ecuador es un país con tradición en el cultivo del café tanto así que es uno de los pocos países que produce dos tipos de café, el Arábico y Robusta, sin embargo, la producción de café ha sufrido una vertiginosa caída desde los años 90 que no ha podido ser recuperada hasta la fecha. (p. 72-91)

Como indica Venegas Sánchez et al., (2018) la baja producción es producto principalmente de la falta de conocimiento en técnicas de cultivo, mezcla de variedades o una tecnificación no aplicada con su respectiva prevención y control de enfermedades.

El uso de una tecnología aplicada con su respectivo análisis y un planteamiento adecuado al contexto del cultivo de café dentro del Ecuador brindaría una amplia ventaja y mejora en la producción y calidad del producto. Un correcto registro de trazabilidad fomentaría el uso de técnicas tradicionales y de vanguardia para incentivar una competitividad frente al volumen de otros países productores de café. Herramientas como Blockchain plantean una protección a la trazabilidad y su transparencia.

1.1.3 Delimitación del Problema

Campo: Blockchain y cultivos.

Área: Agrícola

Aspecto: Proceso de cultivo de café.

Tema: Análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador

1.1.4 Formulación del Problema

¿El análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador, brindara una mayor trazabilidad desde el inicio hasta el final del proceso?

1.1.5 Evaluación del Problema

Este análisis es **delimitado**, dado que este trabajo se enfoca en una población limitada por agricultores de café de la provincia de Loja, su ubicación es dentro de una gran área de producción de café con énfasis en micro agricultores.

Es **claro**, su composición se basa en un producto como es el café y como se podría mejorar su calidad mediante la implementación de la tecnología Blockchain.

Es **evidente**, el punto de mejorar un producto es lo que promueve este análisis, adicionando un factor, que es la tecnología Blockchain aportando una herramienta más en ese objetivo de progreso de mejoría.

Es **relevante**, por la tecnología en específico a plantear que es el Blockchain y como se podría aplicar en cultivos de café.

Es **contextual**, por el hecho de seria un aporte a la agricultura del café de la ciudad de Loja.

Es **factible**, puesto que se lo realizará en el Período B-2022 de la UCSG y cuenta con las herramientas necesarias para su desenvolvimiento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la problemática de la falta de aplicación de tecnologías en el proceso de cultivo de café.
- Determinar los conceptos inherentes a la tecnología Blockchain.
- Aplicar un enfoque de investigación cualitativo para obtener información respecto al proceso actual del cultivo de café.
- Identificar las ventajas y forma de aplicación de la tecnología Blockchain en el registro de cultivo de café.

1.3 Alcance del problema

Este análisis se lo realizará en la ciudad de Guayaquil durante el periodo del semestre B-2022 en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Pretendiendo plantear una metodología sobre la aplicación de Blockchain en el cultivo de café ecuatoriano.

Dentro de sus principales componentes se encontrarán:

- Análisis sobre la problemática de la falta de aplicación de tecnologías en el proceso de cultivo de café.
- Determinación de los conceptos inherentes a la tecnología Blockchain.
- Aplicación de enfoque de investigación cualitativo para la obtención de información respecto al proceso actual de cultivo de café.

- Identificación de las ventajas y forma de aplicación de la tecnología Blockchain en el registro de cultivo de café.

1.4 Justificación e importancia

El análisis aportara una visión más clara sobre cómo se aplicarían nuevas técnicas tecnológicas dentro de la agricultura. Aplicando múltiples fases y métodos, se busca una factibilidad sobre la tecnología y su implementación en el campo del café.

La recolección de las técnicas ya vigentes permite una revisión y critica sobre las mismas. El pretender una adición de tecnología es buscar una mejora en el área especialmente en la sección de café.

El análisis mostrara una gran visión sobre el campo del café y sus técnicas, siendo un pilar en la búsqueda de aplicar la tecnología de Blockchain con miras a su implementación positiva y acorde a los avances que necesita el campo de la agricultura.

1.5 Preguntas de investigación

¿Se logro analizar la problemática de la falta de aplicación en el proceso de cultivo de café?

¿Se logro determinar los conceptos inherentes a la tecnología Blockchain?

¿Se logro aplicar u enfoque de investigación cualitativo para obtener información respecto al proceso actual del cultivo de café?

¿Se logro identificar las ventajas y forma de aplicación de la tecnología Blockchain en el registro de cultivo de café?

1.6 Variables de la investigación

1.6.1 Variable independiente

Tecnología Blockchain

1.6.2 Variable dependiente

Registro de cultivo de café dentro del Ecuador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Blockchain

2.1.1 Conceptos

Los editores de la Enciclopedia Británica ofrecen una definición para blockchain “ es una tecnología de base de datos que se basa en un libro mayor que se distribuye `a través de una red informática y cuyos registros se conocen como bloques” (*Britannica*, 2022). En la primera definición presentada sobre blockchain, esta al ser resumida en un libro de registros de operaciones y que se aplica sobre una tecnología, permite un entendimiento elemental sobre qué es y cómo funciona de manera sencilla.

En otra explicación de lo que es blockchain se encuentra la brindada por Nofer et al. (2017):

La tecnología consiste en conjuntos de datos que se componen de una cadena de paquetes de datos (bloques) donde un bloque comprende múltiples transacciones, la cadena se amplía con cada bloque adicional y, por tanto, representa un libro de contabilidad completo de la historia de las transacciones. (p.187)

Esta definición expande el funcionamiento de blockchain, el mostrar una simplicidad en la estructura y el recorrido que realiza se observa un primer vistazo a sus componentes.

Para Risius y Spohrer (2017)

En su forma genérica, la tecnología blockchain se refiere a un sistema totalmente distribuido para capturar y almacenar criptográficamente un registro de eventos lineal, consistente e inmutable de las transacciones entre actores en red. Esto es funcionalmente similar a un libro de contabilidad distribuido que es consensuado,

actualizado y validado por las partes involucradas en todas las transacciones dentro de una red. (p. 386)

En algo que todas las definiciones presentadas coinciden es en usar el concepto de libro de transacciones para explicar de mejor manera la tecnología de blockchain. La diferencia en la definición dada por Risius y Spohrer (2017), es la explicación del punto criptográfico en todo el proceso que permite una mayor seguridad y eficiencia en todo el proceso, disipando las dudas que surgen en su consistencia y efecto positivo de llegar a la aplicación de la tecnología.

2.1.2 Historia

La tecnología de cadena de bloques tiene su primera aparición en un documento titulado "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" que podría ser traducido como Bitcoin: un sistema de dinero electrónico entre pares y bajo la autoría de Satoshi Nakamoto. Dentro del documento publicado por Nakamoto (s. f.), se habla de una tecnología de bloques que forman una cadena. Las palabras "bloque" y "cadena" no son usadas por Nakamoto en su documento, esta unión se da por la facilidad que brinda el divulgar la tecnología en una sola palabra. En los pilares que se fundamenta Nakamoto para su aplicación de la tecnología de registros en una cadena de bloques, se presentan el cifrado, el software libre y la red entre pares (P2P).

El primer punto es el programa desarrollado por Phil Zimmermann llamado Pretty Good Privacy (PGP privacidad bastante buena), definido como "un sistema de cifrado que se utiliza tanto para enviar correos electrónicos cifrados como para cifrar archivos confidenciales ... PGP se ha convertido en el estándar de facto para la seguridad del correo electrónico" (Petters, 2020). La importancia de PGP consiste en la forma como se ofreció, un software libre y con un modelo de encriptación estilo cifrado de clave pública como cifrado simétrico dando paso al intercambio de mensajes cifrados sin transacción de las claves de cifrado privado.

El segundo caso que daría base para cifrado aplicado en blockchain, es el trabajo que ofrecieron Stuart Haber y W. Scott Stornetta con *How to time-stamp a digital document*, el cual puede ser traducido como “Cómo poner sello de tiempo a un documento digital”. Tal y como lo definen Haber y Stornetta (1991) dentro del mismo documento se proponen procedimientos computacionalmente prácticos para el sellado digital del tiempo de tales documentos, de modo que sea inviable para un usuario retroceder o adelantar la fecha de su documento, incluso con la colusión de un servicio de sellado de tiempo. Nuestros procedimientos mantienen la total privacidad de los documentos, y no requieren ningún registro por parte del servicio de sellado de tiempo.

Otro fundamento para la tecnología de cadena de bloques es el software libre, definido por la Fundación de Software Libre (FSF) como “el software que respeta la libertad de los usuarios y la comunidad. A grandes rasgos, significa que los usuarios tienen la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software” (*Free Software Foundation*, s. f.). La definición de software libre dada por la *FSF* (s. f.) enmarca que la palabra “libre” no es sinónimo de gratis por el contrario se puede cobrar por un software libre, a lo que se orienta el uso de la palabra “libre” es al concepto de libertad de poder ejecutar, estudiar, redistribuir copias o distribuir copias de versiones modificadas a terceros de un programa.

Y la última pieza clave de la tecnología blockchain se encuentra el intercambio punto a punto. Según Hayes (2021) peer-to-peer “es una plataforma descentralizada en la que dos personas interactúan directamente entre sí, sin la intermediación de un tercero”. Una de las más grandes aplicaciones de la tecnología se dio por Napster, uno de los pioneros en la aplicación del compartir archivos mediante la tecnología de P2P. Según explica Tyson (2000), en el año 1999 cuando se deseaba descargar una canción utilizando el software de Napster, está podría estar siendo descargada desde la computadora de otra persona, y esa persona podría vivir en su vecindario o ser alguien al otro lado del mundo.

Como describe Tyson (2000) la fórmula de intercambio de canciones dentro de Napster tenía requerimientos para las dos partes: el consumidor y proveedor. Desde la parte que consumía se necesitaba:

- Una copia del software instalada.
- Un directorio compartido para que otros usuarios tengan acceso al mismo.
- Conexión a Internet.

De esta manera es como se usaba una tecnología que permitía compartir información de manera descentralizada, sin intervención de un tercero entre dos puntos que en este caso eran dos personas.

Todos estos aspectos formaron parte de la tecnología que fue presentada por Satoshi Nakamoto en el año 2008 en su documento Bitcoin: un sistema de dinero electrónico entre pares. Desde el cifrado que Phil Zimmermann con su Pretty Good Privacy (PGP privacidad bastante buena) y Stuart Haber y W. Scott Stornetta con lo que se denominaría una versión primitiva de Blockchain en su búsqueda de una firma de fecha en documentos digitales, pasando por lo conceptos como Software Libre hasta terminar con las redes peer-to-peer (P2P) son elementos que componen la tecnología Blockchain.

2.1.3 Elementos

En la búsqueda de un sistema descentralizado para la gestión de dinero electrónico Nakamoto (s. f.), no llega a utilizar las palabras block (bloque) y chain (cadena) juntas, dentro del documento se define un sistema de bloques que conforme al consenso que obtengan los nodos se realiza el registro en una especie de libro mayor.

Como los define Sherman et al. (2019), los elementos esenciales se resumen en

- Bloques donde se registra la información sobre transacciones entre dos o más partes, los bloques se encuentran vinculados criptográficamente permitiendo un libro de registro inmutable.
- Nodos que son los que pueden añadir información al libro de contabilidad invocando transacciones.

Por otro lado Cachin y Vukolic (2017), indican que las interacciones tienen que seguir una serie de políticas que permiten que el factor de desconfianza sea solventado por la misma tecnología.

- Política de acceso que determina quien puede leer la información.
- Políticas de consenso que determina que estado de la cadena de bloques es válido, esto con el fin de resolver las disputas que aparezcan por posibles continuaciones conflictivas.

2.1.4 Evolución

Desde su aparición Blockchain ha ido presentando mejoras debido a su naturaleza de ser catalogada dentro del software libre, en donde una de las principales ideas es la de poder modificar y distribuir esta modificación.

2.1.4.1 Blockchain 1.0. El nacimiento de blockchain con el uso enfocado en lo financiero y siendo popularizado el termino de criptomonedas. Según lo definen en Blockchain 1.0 CoinMarketCap (s. f.) la introducción de Bitcoin como solución monetaria digital basada en la cadena de bloques supuso el inicio de Blockchain 1.0. Los desarrolladores comenzaron a experimentar con las posibilidades que la tecnología de libro mayor distribuido (DLT) puede aportar al mundo de las finanzas.

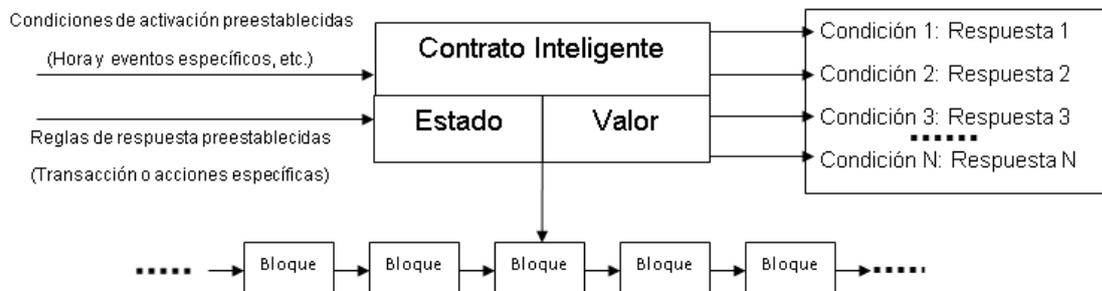
2.1.4.2 Blockchain 2.0. Según recopilan Panda et al. (2021), el derroche de la minería y la baja escalabilidad de la primera generación de Blockchain impulsaron el concepto de Blockchain más allá de la divisa, agregando conceptos de contrato inteligentes junto a mecanismos de consenso llamados prueba de trabajo.

Contrato inteligente. Definido por Szabo (2008) como conjunto de promesas registradas digitalmente, incluidos los protocolos por los que las partes mantienen esas promesas.

Figura 1

Mecanismo de operación de un contrato inteligente

Nota. Adaptado de (Wang et al., 2018)



Los contratos inteligentes aplicados sobre la red blockchain capturan todas la ventajas y desventajas de la tecnología.

2.1.4.3 Blockchain 3.0. De acuerdo a Di Francesco Maesa y Mori, (2020), blockchain 3.0 significa transferir todas las propiedades obtenidas por la descentralización sin confianza de la cadena de bloques. Las principales preocupaciones de esta generación de cadenas de bloques son la sostenibilidad, la escalabilidad, la rentabilidad, una mayor descentralización y una mayor seguridad.

Por lo recogido por Panda et al. (2021), la tercera generación de Blockchain también tiene varios inconvenientes como correcciones de errores o mejoras debido a su naturaleza descentralizada. Los mecanismos de consenso que se emplean son relativamente complicados.

2.1.4.4 Blockchain 4.0. Según lo explica Panda et al. (2021) el objetivo de esta versión es el de ofrecer tecnología Blockchain como una plataforma comercial que se puede utilizar para crear y ejecutar aplicaciones, haciendo así la tecnología una corriente principal. También expone que la cuarta generación tiene el potencial de permitir una velocidad de transacción de hasta un millón de transacciones por segundo, lo cual es actualmente imposible en las generaciones existentes.

2.1.5 Tipos de blockchain

Según lo explica Lin y Liao (2017), las Blockchain clasificadas por su política de acceso a grandes rasgos se dividen en:

- **Cadenas de bloques públicas.** Todo el mundo puede comprobar la transacción y verificarla, y también puede participar en el proceso de obtención de consenso.
- **Cadenas de bloques privadas (o administradas).** El nodo estará restringido, no todos los nodos pueden participar en esta cadena de bloques, tiene una estricta administración de autoridad en el acceso a los datos. necesariamente a cada nodo los mismos derechos para realizar funciones.
- **Cadenas de bloques del consorcio.** Significa que el nodo que tenía autoridad se puede elegir por adelantado, por lo general tiene asociaciones de empresa a empresa, los datos de blockchain pueden ser abiertos o privados, pueden considerarse parcialmente descentralizados.

Según M. Rennock et al. (2018), las blockchain clasificadas por su política de consenso se organizan en:

- **Cadenas de bloques autorizadas.** Estas redes son redes propias que utilizan personas o entidades específicas para realizar transacciones como un grupo de bancos que procesan transacciones financieras.
- **Cadenas de bloques sin permiso o públicas.** Son redes de código abierto a las que cualquiera puede acceder y utilizar.

También se encuentra una clasificación que mencionan Hileman y Rauchs, (2017), esta se da en términos de funcionalidad central y soporte para contratos inteligentes:

- **Sistemas sin estado.** Redes optimizadas para operaciones que solo tienen una funcionalidad limitada en la cadena en términos de la complejidad de los cálculos que pueden realizar.

- **Sistemas de estado.** Redes optimizadas por lógica que tienen una amplia funcionalidad de libro mayor en cuanto a la expresión de cálculos.

2.1.6 Blockchain aplicado a procesos agrícolas

La implementación de Blockchain en los sectores agrícolas ya se encuentran prestando mejoras. Según Bermeo-Almeida et al. (2018) en una revisión literaria a diversas aplicaciones de la blockchain en la agricultura, concluye que Blockchain sobre la agricultura está muy dominada por la comunidad de investigación asiática. Finalizando, que en otras regiones recién se encuentra en una fase de adopción y afirmando en base a las publicaciones revisadas que lo concerniente a cadenas de suministro de alimentos es uno de los mayores intereses en lo que a tecnología blockchain en el sector agrícola se busca.

Tabla 1*Aplicaciones de blockchain en la agricultura*

Temas	Descripción
Trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentaria	Un sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentaria basado en la identificación por radiofrecuencia y la tecnología Blockchain
Almacenamiento de datos seguro	Un esquema general de almacenamiento de datos de seguimiento agrícola basado en Blockchain. Una estructura de almacenamiento de doble cadena.
Cadena de suministro de granos	Un estudio de caso para el seguimiento de aseguramiento de la calidad del grano basado en una red comercial Blockchain
Supervisión remota y automatización	Un marco para la agricultura de invernadero inteligente basado en Blockchain, que proporciona seguridad y privacidad ligeras y descentralizadas
Transparencia y Seguimiento en el Comercio Agropecuario	Aplicar la tecnología Blockchain en la agroindustria

Nota. Adaptado de (Bermeo-Almeida et al., 2018)

Según Wang et al. (2019) en su sistema de trazabilidad de la cadena de suministro basado en blockchain se deben cumplir los siguientes requisitos de seguridad:

- **Accesibilidad de los datos.** Al ser un diseño que apoya la trazabilidad de la fuente del producto, el sistema debe ser público para todos los usuarios, y cualquiera puede acceder al sistema para consultar los datos de la fuente del producto.
- **Inmutabilidad de los datos.** Con el fin de proporcionar al público datos verdaderos y fiables de la fuente del producto, el sistema diseñado en este trabajo debe tener una funcionalidad a prueba de manipulaciones, y nadie puede cambiar los datos

- **Autonomía del sistema.** Todo intercambio de datos en el sistema debe seguir un algoritmo fijo y predecible. Y todos los nodos pueden intercambiar, registrar y actualizar datos en un entorno confiable para evitar la interferencia humana.
- **Resistencia a los ataques "Man-in-the-middle".** Dado que la cadena de bloques está descentralizada, los nodos del sistema no son de confianza mutua. Por lo tanto, el sistema debe ser resistente a los ataques del hombre en el medio y evitar que los nodos maliciosos falsifiquen las transacciones.

Según lo recopilan Chang y Chen (2020), Blockchain tiene la capacidad técnica de desempeñar un papel crucial en el intercambio de información, la transferencia de valor/ propiedad y el suministro de confianza.

2.1.7 Arquitectura de una aplicación de blockchain

Dentro de una aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo se identifican diversos componentes a tener en cuenta.

Como lo demuestra (Jha et al., 2021), los componentes de un sistema descentralizado de blockchain aplicado en agricultura se resumen en:

- **Red blockchain.** Se puede hacer uso de una red existente o crear una red propia.
- **Nodos.** Grupo de nodos que se necesitará para ejecutar la red blockchain y validar las transacciones.
- **Contratos inteligentes.** El uso de contratos inteligentes con el objetivo de automatizar la gestión del registro del cultivo de café en la cadena de bloques.
- **Interfaz de usuario.** El uso de una interfaz de uso sencillo permitirá una interacción con el registro en la cadena de bloques.
- **Integración de sistemas.** Existe la posibilidad de una necesidad de integrar un registro de café en la cadena de otros bloques con otros sistemas, como un sistema de seguimiento de la cadena de suministro.

2.1.8 Componentes de una aplicación de blockchain

2.1.8.1 Base de Datos.

Componente que se encargara de almacenar y organizar la información recolectada.

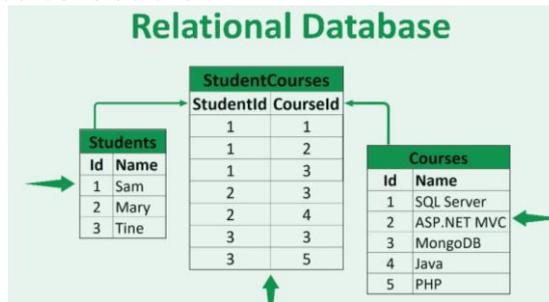
Tabla 2*Opciones tecnológicas de bases de datos*

Nombre	Descripción	Herramientas
Base de datos relacional	Utilizan un esquema de tablas para almacenar y organizar los datos. Son muy comunes y están soportadas por muchos sistemas de gestión de bases de datos	MySQL, PostgreSQL, y Microsoft SQL Server.
Base de datos NoSQL	No utilizan un esquema de tablas fijo para almacenar los datos. Son ideales para aplicaciones que manejan grandes volúmenes de datos no estructurados, y pueden ser escaladas de manera eficiente	MongoDB, Cassandra, y Couchbase
Bases de datos de grafos	Utilizan un modelo de grafos para representar los datos y las relaciones entre ellos. Son ideales para aplicaciones que requieren una gran cantidad de relaciones complejas entre los datos.	Neo4j, OrientDB, y ArangoDB.
Bases de datos blockchain	Construidas específicamente para soportar aplicaciones blockchain, y permiten almacenar y rastrear transacciones de manera segura y transparente.	BigchainDB, ChainDB, y Hyperledger Sawtooth

Nota. Adaptado de (Bermeo-Almeida et al., 2018)

Figura 2

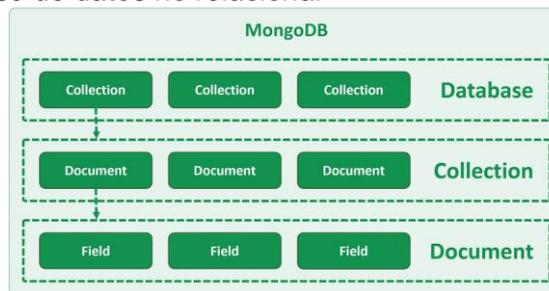
Ejemplo de base de datos relacional



Nota: Tomado de (Relational and Non Relational Databases, s. f.)

Figura 3

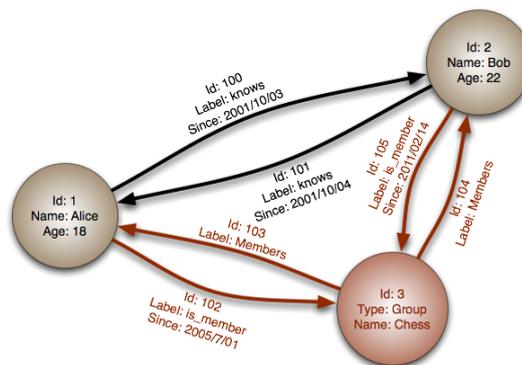
Esquema de una base de datos no relacional



Nota: Tomado de (Relational and Non Relational Databases, s. f.)

Figura 4

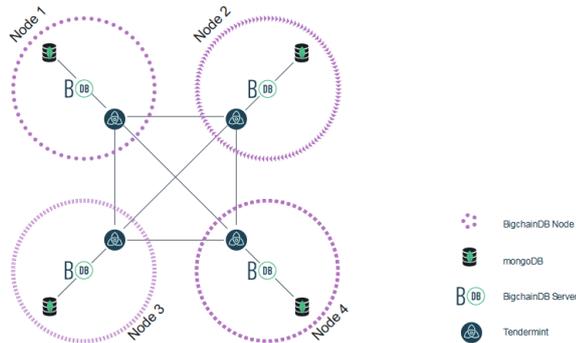
Modelo de base de datos de grafos



Nota: Tomado de («Base de datos orientada a grafos», 2022)

Figura 5

Modelo de base de datos de blockchain



Nota: Tomado de (BigchainDB, 2018)

2.1.8.2 Interfaz de usuario.

Permitirá a los usuarios ingresar, verificar y actualizar la información.

Tabla 3

Opciones de modelos de interfaces de usuario

Nombre	Descripción
Interfaz Web	Aplicación que se ejecuta en un navegador web y se comunica con un servidor para mostrar información y recibir input del usuario. Es una opción popular debido a su disponibilidad en cualquier dispositivo con acceso a internet y su facilidad de uso.
Aplicación móvil	Aplicación que se ejecuta en un dispositivo móvil, como un teléfono o una tableta. Permite accesibilidad y portabilidad, posibilitando a los usuarios acceder al sistema desde cualquier lugar.
Interfaz de línea de comandos (CLI)	Es una interfaz en la que el usuario ingresa comandos mediante una consola para realizar acciones. Es una opción de gran interés para usuarios avanzados o para automatizar tareas.
Interfaz de programación de aplicaciones (API)	Una interfaz de programación de aplicaciones es un conjunto de reglas y protocolos que permite que una aplicación se comunique con otra. Es una opción para aplicaciones de terceros que deseen acceder a los datos almacenados en la cadena de bloques.

Nota. Adaptado de (*What Is User Interface (UI)?*, s. f.)

2.1.8.3 Identificación y autenticación.

Elemento que garantizara el acceso de usuario autorizados a la información.

- **Identificación mediante clave pública.** En un sistema blockchain, cada usuario es asignado una clave pública y privada. La clave pública es utilizada como una dirección única para identificar al usuario en la red, mientras que la privada es utilizada para firmar transacciones.

Figura 6

Esquema de un cifrado por clave



Nota: Tomado de (*¿Qué son las claves públicas y privadas?*, s. f.)

- **Autenticación mediante contraseñas.** Una opción común de autenticación es mediante el uso de una contraseña. Un usuario debe ingresar una contraseña correcta para acceder al sistema y realizar transacciones. Es importante utilizar contraseñas seguras y protegidas mediante encriptación.
- **Autenticación mediante huella dactilar o reconocimiento facial.** Con el avance de la tecnología, se están desarrollando opciones de autenticación basadas en el reconocimiento de huellas dactilares o facial. Estas opciones son muy seguras y fáciles de usar, ya que no requieren recordar contraseñas.
- **Autenticación mediante llave física.** Por último, una opción de autenticación es mediante el uso de una llave física, como un token USB o

una tarjeta inteligente, que debe ser insertada en el dispositivo antes de acceder al sistema.

2.1.8.4 Rastreo

Participante inherente de una implementación blockchain, permite seguir la información en su constante movimiento logrando que los usuarios puedan verificar la autenticidad y trazabilidad.

Tabla 4

Opciones tecnológicas de rastreo

Nombre	Descripción
Rastreo mediante etiquetado RFID	La tecnología RFID (Radio-Frequency Identification) permite añadir etiquetas a los productos que contienen información única sobre ellos. Estas etiquetas pueden ser escaneadas para obtener información sobre el producto en cualquier momento, lo que facilita el rastreo de los productos.
Rastreo mediante códigos QR	Los códigos QR son similares a los RFID, pero en lugar de ser escaneados con herramientas especializada, se deben escanear con una cámara para obtener información.
Rastreo mediante transacciones	Cada transacción registrada en la cadena de bloques contiene información sobre el producto, como su origen, fecha de producción, certificaciones y más. Los usuarios pueden seguir el rastro de un producto a través de la cadena de bloques, verificando cada transacción relacionada con él.
Rastreo mediante Smart Contract	Los contratos inteligentes son programas que se ejecutan automáticamente en una cadena de bloques, permitiendo automatizar procesos y registrar transacciones de forma automática. Esto permite una mayor automatización del rastreo y una mayor seguridad en el registro de información.

Nota. Adaptado de (Ronaghi, 2021)

Figura 7

Escaneo de un código QR en la agricultura



Nota: Tomado de (Introducing QR Code in Agriculture: Read on to Know the benefits of QR Codes for Agribusiness Professionals, s. f.)

2.1.8.5 Análisis de datos

Permite proporcionar información valiosa a los usuarios y decisiones con mayor información.

Tabla 5*Opciones de análisis para un registro de cultivo de café*

Nombre	Descripción
Análisis de tendencias:	Permite identificar patrones en la producción, el rendimiento y el precio del café a lo largo del tiempo. Esto puede ayudar a los productores a predecir los cambios en el mercado y adaptarse a ellos.
Análisis de rendimiento	El análisis de rendimiento permite evaluar la eficiencia del cultivo, identificando las áreas que necesitan mejorar y las que están funcionando bien. Esto puede ayudar a los productores a aumentar la productividad y reducir los costos.
Análisis de costos	Permite evaluar el costo de producir el café, identificando las áreas donde se están produciendo mayores gastos y las que son más eficientes. Esto puede ayudar a los productores a reducir los costos y aumentar los márgenes de beneficio.
Análisis geográfico	Permite evaluar el rendimiento del cultivo en diferentes áreas geográficas, identificando las zonas donde el café se cultiva con mayor eficiencia y las que presentan mayores desafíos. Esto puede ayudar a los productores a adaptar su estrategia de cultivo a las condiciones locales.
Análisis de calidad	Permite evaluar la Integración con otras aplicaciones, elemento que permitirá que la información se comparta y utilice de diversos puntos de vista logrado una eficiencia en la misma.
Análisis de cumplimiento	Los datos sobre las certificaciones y normas cumplidas por el cultivo pueden ser utilizados para analizar el cumplimiento de estas y buscar formas de mejorarlo.

Nota: Elaboración propia

2.2 Café

2.2.1 Concepto

La mención de café es orientada en base a la definición brindada por el Diccionario de Merriam-Webster “bebida elaborada por filtración, infusión o reducción a partir de las semillas tostadas y molidas de un cafeto” (Merriam-Webster, s.f.). De acuerdo a datos mostrados en Statista, el café es una de las bebidas más célebres del mundo (Statista,2022). En el crecimiento y desarrollo de la planta de café como lo explica Arcila (2007) el tiempo desde que una planta de café consiga dar sus primeros frutos desde su siembra es alrededor de 2 a 4 años encontrándose su más alto desempeño entre los 6 y 8 años de edad.

2.2.2 Cultivo del café en el Ecuador

El origen del café presenta una multitud de narrativas una más fantasiosa que otra. El cómo llegó el café a Ecuador, la revista Fórum del Café (s.f.) revisando información de historiadores, explica que buena parte de ellos concuerdan que el ingreso del café a tierras ecuatorianas se dio poco tiempo después del año 1800. Además, especifica que la fecha de los primeros cultivos documentados es de 1830, cuando varios ejemplares de café de la variedad Típica, de café Arábica, en los recintos de Las Maravillas y El Mamey, en el cantón de Jipijapa, en la provincia de Manabí.

En el informe del año realizado por el Servicio Agrícola Extranjero (FAS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (2022), se recalca la característica de ser uno de los pocos países del mundo que la producción de café puede darse en todo el país, incluyendo las islas Galápagos. Por otra parte, detalla el porcentaje de producción por regiones, en dónde. la costa ecuatoriana concentra el 50% y la Sierra y Amazonia alrededor de un 30% cada una.

Tabla 6*Producción de las provincias más productoras del Ecuador*

Región	Provincia	Superficie Plantada	Superficie Cosechada	Producción	Rendimiento
		(ha)	(ha)	(t)	(t/ha)
Costa	Manabí	9773	9003	1459	0.16
Costa	El Oro	1022	997	150	0.15
Sierra	Loja	3531	2636	358	0.14
Sierra	Imbabura	405.7	313.1	96.1	0.31
Sierra	Bolívar	400.5	367.1	10.2	0.03
Amazonia	Orellana	4181	3733	322	0.09
Amazonia	Sucumbíos	8523	7566	1678	0.22

Nota. Adaptado de (Ministerio de Agricultura y Ganadería ,2021)

Según información recogida por Zapata (2018), las especies de café cultivadas en el Ecuador con la Arabica *Coffea arabica* L. y Robusta *Coffea canephora* Pierre et. Froehner. (Diapositiva 12).

2.2.3 Tipos de café

La Organización Internacional de Café (ICO) (s.f.), dentro de todo el bagaje de especies de café, presenta las más importantes variedades desde el punto de vista financiero que son: *Coffea arabica* (café Árábica) y el *Coffea canephora* (café Robusta), el primero representaría un poco más del 60% de la producción mundial.

La Organización Internacional del Café (ICO) (2019) describe a las principales variantes del café que son:

2.2.3.1 Coffea arábica (café arábigo).

Un arbusto grande con hojas ovaladas verde oscuro. Es genéticamente diferente de otras especies de café, puesto que tiene cuatro series de cromosomas en vez de dos. El fruto es ovalado y tarda en madurar de 7 a 9 meses. Contiene habitualmente dos semillas aplastadas (los granos de café); cuando sólo se

desarrolla una semilla se llama grano caracol. El café Arábica es a menudo susceptible a plagas y enfermedades.

2.2.3.2 Coffea canephora (café robusta).

Es un arbusto o pequeño árbol robusto que puede crecer hasta alcanzar 10 metros de altura y tiene una raíz poco profunda. El fruto es redondeado y tarda hasta 11 meses en madurar; la semilla es de forma alargada y más pequeña que la del C. arábica.

Tabla 7

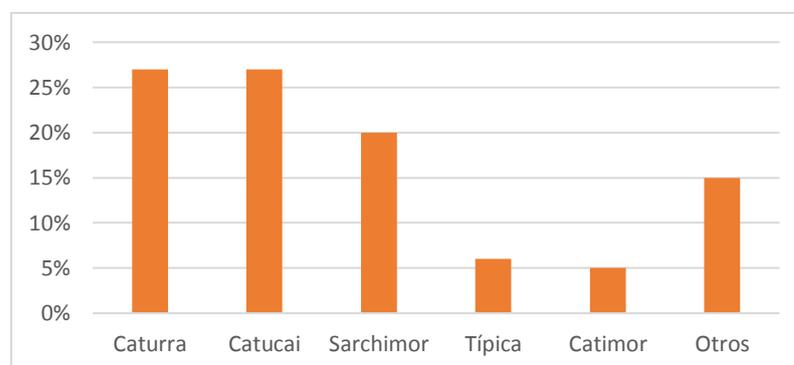
Diferencias entre el café Arábica y el Robusta

Variedad	Arábica	Robusta
Fecha de descripción de la especie	1753	1895
Contenido de cafeína del grano	0,8 - 1,4%	1,7 - 4,0%
Forma del grano	Chato	Alargado
Características típicas del café bebida	Acidez	Amargor, pleno

Nota: Adaptado de Organización Internacional de Café (ICO)

Figura 8

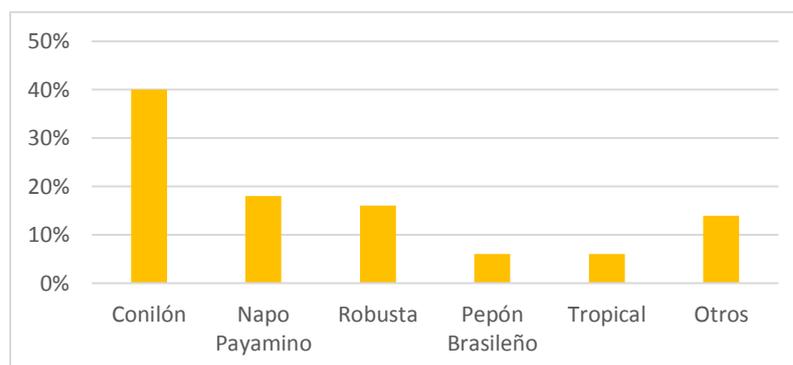
Variedades de la especie coffea arabica



Nota. Adaptado de (Coffee Annual USDA's Foreign Agricultural Service, 2022)

Figura 9

Variedades de la especie coffea canephora



Nota. Adaptado de (Coffee Annual USDA's Foreign Agricultural Service, 2022)

2.2.4 El cultivo en la provincia de Loja

De acuerdo a datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2021), la provincia de Loja se encuentra entre las primeras en producción de café y siendo la líder en la región Sierra.

La calidad del café lojano se reconoce gracias a los logros que recibe. La Prefectura de Loja (2019), considera el obtener la Denominación de Origen (DO) “Lojano Café de Origen” como un hecho trascendental, la cual fue proporcionado por el Servicio de Derechos Intelectuales (Senadi).

Figura 10

Sello de “Lojano Café de Origen”



Nota. Tomado de (El café de Loja, s.f.)

2.2.4.1 Datos estadísticos sobre el cultivo en Loja

En el último boletín situacional Cultivo de Café el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2021), la provincia de Loja muestra una superficie `plantada de 4,633 hectáreas, superficie cosechada de 2,636 ha, una producción de 1,325 toneladas y un rendimiento de 0.50 en relación producción sobre superficie cosechada. La producción de 1,325 toneladas la ubica en el cuarto lugar del top de provincias productoras de café. Y entre los mismos datos, el café ocupa la cuarta posición entre los principales cultivos de la provincia, solo superado por el maíz duro seco, arroz y maíz suave seco.

2.3 Realidad del proceso de cultivo en el Ecuador

El café ecuatoriano se ha mostrado con un alto estándar de calidad, durante la recopilación de información se ha observado la cantidad que se produce dentro del país y sobre todo la calidad de ciertas provincias que destacan por sus cualidades.

En las entrevistas realizadas a personal encargados de diversas fincas dentro de la provincia de Loja, se pudo constatar el proceso que se lleva para el café. Según *Café – CEFA Ecuador* (s. f.), de todos los productores de café en Ecuador la mayoría son pequeños productores que utilizan sistemas agroforestales.

Dentro de los procesos de cultivo que se llevan se pueden reconocer los principales involucrados como lo define uno de los entrevistados, que son desde el productor, trillador, tostador, exportador, importador, barista y consumidor.

El involucramiento de tantas partes debido a la gran cadena que se crea para realizar un procesamiento del café permite que se pueda presentar en alguna parte una falta de transparencia o similar llegando incluso a un fraude sobre la información brindada.

2.4 Aspecto Legal

Dentro de la Constitución de la República (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), se menciona las responsabilidades del Estado en temas de soberanía alimentaria, en el artículo 281 literal 1 señala “impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.137). Mas adelante se encuentra otro literal que indica “fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.138).

En temas de Democratización de los factores de producción, en el artículo 334 literal 3 apunta “impulsar y apoyar el desarrollo y la difusión de conocimientos y tecnologías orientados a los procesos de producción” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.156) todo esto siendo deber del Estado de promover lo señalado.

Y por último en el Régimen del Buen Vivir capitulo primero sección octava articulo 385 literal 3, destaca como finalidad del sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales el “desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.173).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En relación a la metodología de la investigación, es donde se guía el investigador en línea con los lineamientos que se basan en conceptos, métodos o instrumentos sirviendo de canal para una dirección óptima del procedimiento de la investigación y los resultados a los que se concluyan.

Siguiendo la línea delimitada se plantea el enfoque que tendrá la investigación, el alcance, la técnica y el instrumento de la técnica que se empleará.

3.1 Enfoque de investigación

3.1.2 Enfoque Cualitativo

3.1.2.1 Característica

Como lo explica Otero-Ortega (2018), estos estudios están basados en la observación y evaluación de los fenómenos estudiados, dando conclusiones de lo encontrado en la realidad estudiada.

3.2 Tipo de investigación

La elección de un tipo de investigación acorde para el desarrollo del análisis permitirá mantener una estructura sobre los métodos que se aplicará.

Según detalla Arias (s. f.) “la investigación descriptiva analiza las características de una población o fenómeno sin entrar a conocer las relaciones entre ellas”.

El factor fundamental de observar el funcionamiento del proceso que se tiene sobre el café sin llegar a una profundización de las causas que hacen que el procedimiento sea llevado de esa manera, permite la aplicación de una investigación descriptiva en este análisis.

Según Hidalgo (s. f.) la investigación descriptiva se encuentra dentro de la clasificación de acuerdo a su nivel de medición y análisis de la información. La investigación y recopilación de datos permiten un enfoque descriptivo por el interés de conocer de como la aplicación de la tecnología de blockchain afectaría en el cultivo de café en el Ecuador.

3.3 Población y muestra

La recopilación de información no mostro como requisito el especificar una población, por tal motivo no se encuentra evaluada ninguna muestra. En estas circunstancias solo existen *informantes*, a quienes se les aplicó el instrumento de recolección de datos, que fue la *entrevista*.

3.4 Técnicas e instrumentos para obtención de información

Según Macan (2009) la estructura es un compendio de componentes que permiten una estandarización para la evaluación de una respuesta permitiendo un proceso de la entrevista estructurado y con mayor profundidad para su estudio.

La técnica empleada es la entrevista estructurada para la recopilación de información y el guion de entrevista como el instrumento. Las personas a las que se aplicó este instrumento son al Administrador de una Finca Artesanal de siembra y cosecha de café, Supervisor de Producción de la Finca Artesanal y al Supervisor de Control de Calidad, con interrogantes relacionadas al área que se encargan en la cadena de producción sobre la aplicación de tecnología blockchain en el cultivo de café.

3.5 Análisis de datos

La recolección de datos se dio por medio de entrevistas realizadas a personas encargadas de los procesos dentro de las diversas fincas de café, información recopilada por instituciones gubernamentales encargadas de monitorizar el proceso agrícola y un compendio de información encontrada en sitios especializados dentro de la web.

Los datos reunidos por medio de las entrevistas, permite identificar los diversos componentes desde la óptica de alguien que maneja estos procesos, permitiendo un uso de un lenguaje técnico dentro del area de la agricultura del café. Realizando una primera revision de la información recopilada se puede identificar una aplicación dentro de la cadena de valor de café, específicamente en el interior del componente de cultivo.

De acuerdo a uno de los entrevistados, los principales datos recogidos en el proceso de cultivo son: datos de sensores; disposición del clima, estado del suelo; humedad, pH y concentración de elementos, medición de grados Brix al grano.

La recolección de información varia de una finca a otra, en la Finca Artesanal de Chaguarpamba se realiza una recolección de datos muy diferente a la Finca “El Aguacate”, lo datos recopilados son producto de una observación empírica guiada por la experiencia de las personas encargadas por lo que los datos que recogidos son: calidad de la hoja, calidad de la raíz y tamaño de la planta, realizan el uso de un medidor de humedad para el control de la zona de cultivo y el grano.

Dentro de la última Finca Artesanal “Agroloja”, el proceso de recolección es similar a la Finca “El Aguacate” con la principal diferencia de como esta información se almacena, dado que se encontraban en proceso de implementar un proceso de cambio en el almacenamiento de datos para la búsqueda de una optimización en el proceso de toma de decisiones. La información se encuentra almacenada dentro de un servidor local con acceso único a las personas encargadas de la gestión directa de la finca. Los datos sobre estado de los suelos, plantas y cultivo, se recopilan por medio de sensores e informes de los trabajadores.

Los datos recopilados de las distintas fincas son parte de los datos que se utilizaran para el análisis planteado. Adicionalmente se acompañará con la información recopilada de sitios especializados de internet.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA METODOLÓGICA

En capítulos previos se presentó la metodología para la realización de este análisis, dentro de este capítulo se desarrolló la propuesta metodológica en base a lo anteriormente recopilado.

5.1 Presentación de propuesta

La propuesta se encuentra referida al uso de la tecnología blockchain como herramienta para el registro y rastreo de información sobre el cultivo de café dentro del Ecuador en específico situando el análisis en la provincia de Loja.

De acuerdo a la información reunida, el enfoque se propone al componente de registro de los datos generados dentro de esta parte fundamental en la cadena de producción de café.

5.2 Arquitectura sugerida del modelo

El modelo propuesto es una adaptación de los modelos presentados por (Agrawal et al., 2021; Ferrández-Pastor et al., 2022; Jha et al., 2021), en estos modelos se presentan implementaciones con IoT para la trazabilidad de todo el proceso en la agricultura, la diferencia con el modelo que se propone es el enfoque directo al café con una segmentación de la cadena de producción que se concentre en el proceso de cultivo.

La propuesta clave del sistema es utilizar contratos inteligentes en una plataforma descentralizada para su implementación, almacenamiento de los resultados y seguir con los procesos tradicionales en el cultivo de café.

Los principales actores involucrados en el sistema son.

- **Agricultores de café.** Es una innovación que brinda elementos innovadores frente a competidores. El sistema permitirá tener de una manera transparente la información necesaria sobre el tratamiento del cultivo de café para disponer de servicios que permitan presentar la calidad brindada como producto.

- **Contratos inteligentes.** Los datos incorporados por los agricultores podrán ser evaluados por las partes que continúan luego del proceso realizado por los agricultores como compradores, exportadores, consumidores y más. Los datos se almacenarán en una blockchain publica para mejor acceso de quienes desean acceder a estos datos. Y con esto también se podrá estimar datos de mejores producciones, fechas de mayor producción y más por medio del análisis de datos.

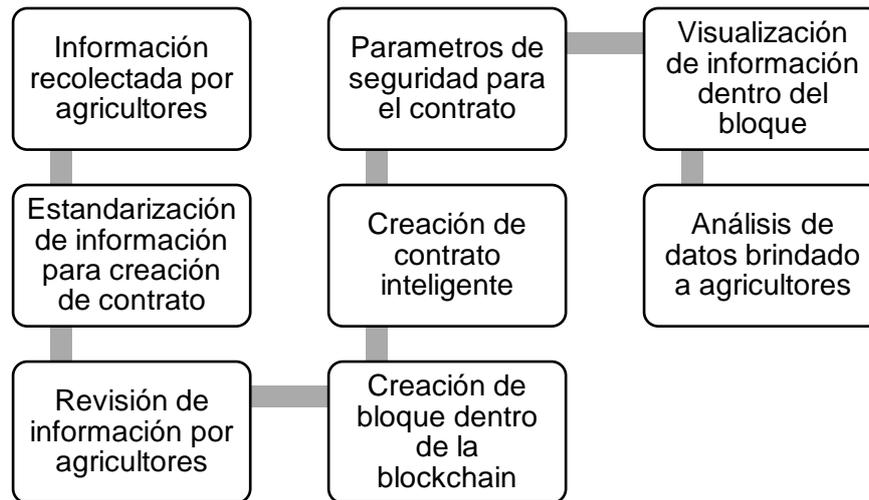
Los agricultores pueden presentar diversas maneras de recolección de información desde información escrita a mano, hojas de cálculo o bases de datos. Esta información será incorporada como primer contrato para el inicio de la cadena de bloque.

La información de cada proceso que se lleve dentro del cultivo de café será ingresada por medio de los contratos inteligentes a la blockchain, estos datos tendrán que tener aprobación de los agricultores para que se pueda actualizar en la cadena de bloques. El bloque con la información se une a la gran cadena y podrá ser visualizada por los interesados en las características.

El proceso se llevará por medio de nodos que son lo que mantendrán la cadena de bloque y que para una mejor experiencia se usara una interfaz de usuario intuitiva y de uso sencillo. La información ingresada pasará a un proceso de análisis de datos que será presentada a los agricultores para un control exhaustivo de los procesos y su diferencia con anteriores o posteriores resultados.

Figura 11

Flujo de Trabajo del Modelo



Nota: Elaboración propia

5.3 Selección de Herramientas

Para aplicar blockchain a un registro de cultivo de café, se necesita un soporte compuesto por varios componentes, lo que lleva a presentar lo necesario para una aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador

Tabla 8*Principales componentes de infraestructura en la aplicación*

	Descripción	Herramientas recomendadas.
Nodos	Los nodos son los dispositivos que ejecutan el software de blockchain y mantienen una copia de la cadena de bloques.	Computadoras, servidores, dispositivos IoT, etc.
Red de comunicación	Los nodos deben estar conectados entre sí mediante una red de comunicación, para poder compartir y sincronizar la información de la cadena de bloques.	Internet
Software de blockchain	El software de blockchain es el corazón del sistema, y es responsable de mantener la cadena de bloques, validar las transacciones y ejecutar los smart contracts.	Ethereum, Hyperledger Fabric y EOSIO.
Interfaz de usuario	Es necesaria una interfaz de usuario para que los usuarios finales puedan interactuar con el sistema, verificar la información y realizar transacciones.	Web, móvil, CLI Y API.
Almacenamiento	La información de la cadena de bloques debe ser almacenada en los nodos.	MySQL, MongoDB y BigChainDB.
Seguridad	Es importante implementar medidas de seguridad para proteger la información almacenada en la cadena de bloques	Autenticación de usuarios y la encriptación de datos.
Análisis de datos	Es recomendable contar con una plataforma de análisis de datos para poder extraer información valiosa del sistema y tomar decisiones informadas.	Tableau, Power BI y el uso de lenguajes de programación como lo son Python y R.

Nota: Elaboración propia

5.4 Especificaciones Funcionales

Las principales funciones del modelo propuestos son:

- **Registro de Información.** Se da mediante la creación de una base de datos descentralizada, segura y permanente que permite el registro de transacciones relacionadas con el cultivo.
- **Trazabilidad.** La capacidad de rastrear la ubicación, la calidad y la cantidad de grano de café en cada etapa del cultivo.
- **Transparencia.** Brindar una visibilidad clara y detallada de todas las transacciones relacionadas con el cultivo café, desde la semilla hasta los subsiguientes procesos

Al utilizar una blockchain, la información es inmutable y se puede verificar y acceder de forma fácil y segura por las partes interesadas. Esto mejora la transparencia, la eficiencia y la confiabilidad en el registro de información del cultivo de café.

5.5 Contrato inteligente

El primer paso en la creación del contrato es la definición de las especificaciones funcionales, lo cual es el marco que guía el proceso de construcción.

A continuación, se crea el ambiente de trabajo, que incluye la estructura de directorios, y se comienza a codificar el contrato inteligente en base a las especificaciones funcionales.

La codificación involucra la descripción de cada elemento que compone al contrato y su funcionalidad dentro del mismo. Esto significa que se explica cómo funciona cada parte del contrato y cómo interactúan todas las partes para cumplir con el objetivo del contrato inteligente.

5.5.1 Interacción del contrato dentro del modelo

La interacción con un contrato inteligente es mediante la transmisión de datos y la ejecución de acciones dentro de la plataforma blockchain. En el caso del cultivo de café, esta interacción podría incluir la actualización de registros de cultivo y el almacenamiento de datos en la blockchain.

5.6 Propuesta de implementación

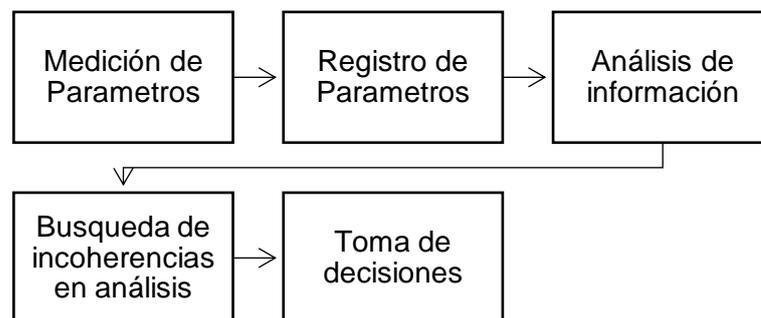
5.6.1 Identificación de procesos

La Finca “El Aguacate”, presenta una estructura de recolección de datos y posterior análisis de acuerdo a sus fechas de cosecha. Se presenta un problema si se necesita tomar una decisión que no sea dentro de una fecha de cosecha.

A continuación, se dará una presentación de los principales patrones encontrados, mediante el uso de tablas y gráficos.

Figura 12

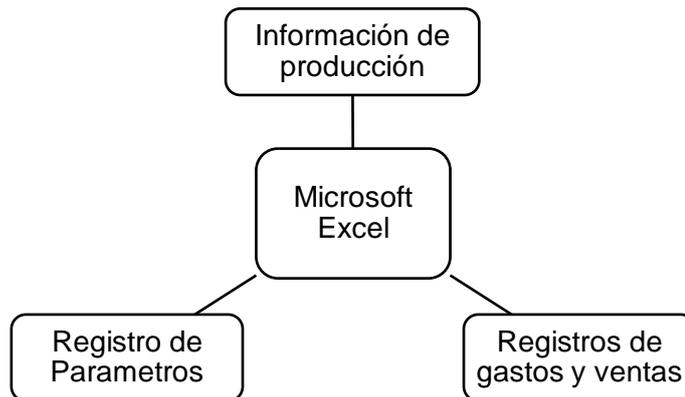
Proceso de información de Finca “El Aguacate”



Nota: Elaboración propia

Figura 13

Registro de información

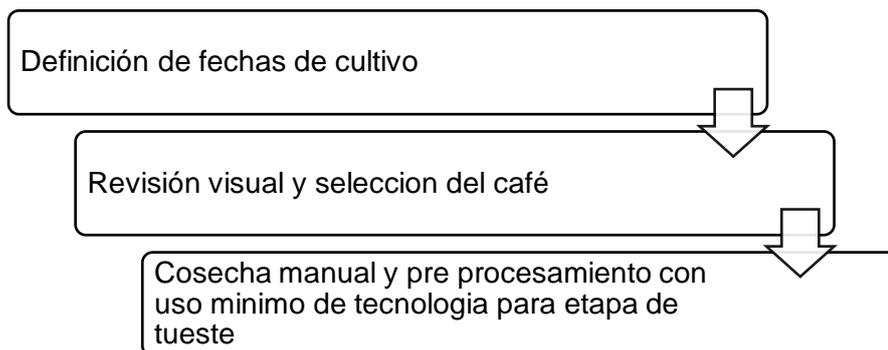


Nota: Elaboración propia

La Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”, de acuerdo a lo recopilado se encuentra con una estructura empírica en la toma de datos sobre el cultivo de café, si realizan el uso de aparatos tecnológicos para registrar datos, pero en su mayoría se realizan sin la aplicación de los mismos.

Figura 14

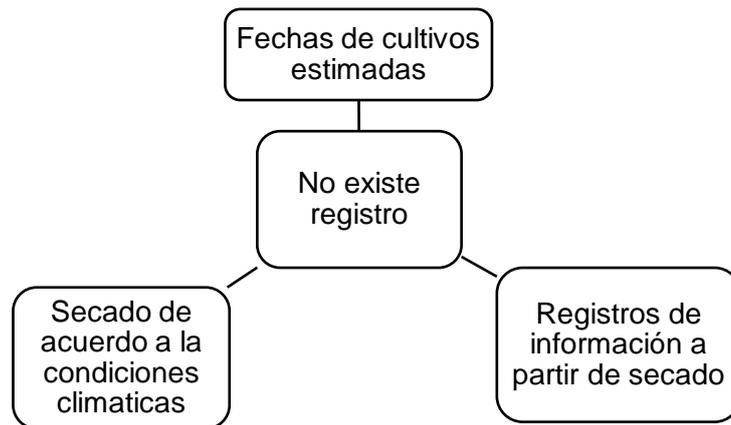
Proceso de información de Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”



Nota: Elaboración propia

Figura 15

Registro de información



Nota: Elaboración propia

Dentro de la última Finca Artesanal “Agroloja”, se encuentra un sistema más complejo en relación a las previas fincas presentadas.

Figura 16

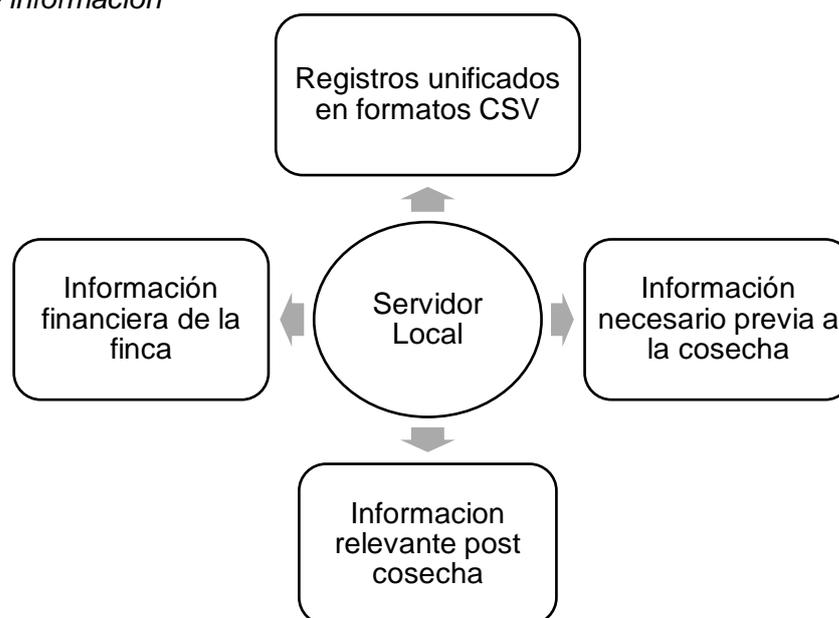
Proceso de información de Finca Artesanal “Agroloja”



Nota: Elaboración propia

Figura 17

Registro de información



Nota: Elaboración propia

La recopilación de información se presenta en las diversas fincas de distintas maneras. En una asignación de categorías se presentan las siguientes:

La primera categoría a presentar es la de Origen con las etiquetas de lugar de origen de los granos, variedad de café y ubicación de la finca de producción.

Tabla 9

Estandarización de resultados en categoría Origen

	Finca Artesanal “El Aguacate”	Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”	Finca “Agroloja”
Origen de grano	Provincia de Loja y selección de semilla dentro de la misma producción	Provincia de Loja, selección de semilla dentro de la misma producción	Provincia de Loja y selección de semilla dentro de la misma producción
Variedad de café	Sidra, Catuai, Typica Mejorada, Borbón y Geisha	Arábica y Robusta	Caturra, Typica Mejorada, Sidra y Geisha
Ubicación de producción	Loja	Chaguarpamba	Malacatos
Altitud	2100 m s. n. m.	420 – 1.939 m s. n. m.	1550 – 1850 m s. n. m.

Nota: Elaboración propia

La segunda categoría a presentar es la de Calidad con las etiquetas de acidez, aroma y tamaño del grano.

Tabla 10

Estandarización de resultados en categoría Calidad

	Finca Artesanal “El Aguacate”	Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”	Finca “Agroloja”
Acidez	pH de 5 a 6	Realizada por cata de sabor	pH de 4,8 a 6
Aroma	Considerado subjetivo y depende la variedad de café	Considerado subjetivo y depende la variedad de café	Considerado subjetivo y depende la variedad de café
Tamaño de grano	Acorde a criterios establecidos previo análisis de calidad.	Su diámetro no supere un centímetro	Acorde a criterios establecidos previo análisis de calidad.

Nota: Elaboración propia

La tercera incluye la Sostenibilidad con las etiquetas de gestión del agua, diversidad de cultivos y manejo de residuos.

Tabla 11

Estandarización de resultados en categoría Sostenibilidad

	Finca Artesanal “El Aguacate”	Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”	Finca “Agroloja”
Gestión de agua	Por diversidad de cultivos y actividades turísticas no tienen una gestión óptima.	Recolección de aguas lluvia con un previo análisis de calidad apoyando el uso de agua potable.	Recolección de aguas lluvia con un previo análisis de calidad apoyando el uso de agua potable.
Diversidad de cultivos	Existe diversidad de cultivos.	No hay diversidad.	No hay diversidad.
Manejo de residuos orgánicos.	Se realiza gestión de compostaje.	Se realiza gestión de compostaje.	Se realiza gestión de compostaje.

Nota: Elaboración propia

La cuarta categoría a presentar es la de Certificaciones con las etiquetas de orgánica o no orgánica y comercio justo.

Tabla 12*Estandarización de resultados en categoría Certificaciones*

	Finca Artesanal “El Aguacate”	Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”	Finca “Agroloja”
Orgánica o no orgánica	Orgánica	Orgánica	Orgánica
Comercio justo	No se encontró evidencia para la conclusión.	No se encontró evidencia para la conclusión.	No se encontró evidencia para la conclusión.
Otros	Participaciones y premiaciones en diversos concursos de calidad de café.	Participaciones y premiaciones en diversos concursos de calidad de café.	Participaciones y premiaciones en diversos concursos de calidad de café.

Nota: Elaboración propia

Y finalmente la última categoría corresponde a la Transparencia con la etiqueta de transparencia de la cadena de suministro del café, trazabilidad, y verificación de información de origen.

Tabla 13

Estandarización de resultados en categoría Transparencia

	Finca Artesanal “El Aguacate”	Finca Artesanal “Chaguarpamba Su Café”	Finca “Agroloja”
Cadena de suministro	Baja calidad de información obtenida	Baja calidad de información obtenida	Baja calidad de información obtenida
Trazabilidad	Baja calidad de información obtenida	Baja calidad de información obtenida	Baja calidad de información obtenida
Verificación de información de origen	Baja calidad de información obtenida	Baja calidad de información obtenida	Baja calidad de información obtenida

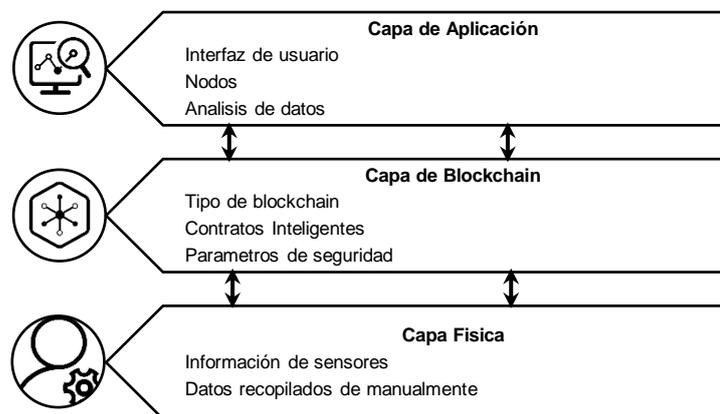
Nota: Elaboración propia

5.6.2 Desarrollo de arquitectura

En base a lo desarrollado previamente, se toma en consideración para la presentación de una posible implementación con el objetivo de lograr una explicación detallada del análisis.

Figura 18

Capas de interacción de la aplicación Blockchain



Nota. Elaboración propia

5.6.2.1 Capa de Aplicación.

Dentro de la capa superior se encuentran las diversas maneras de gestionar los dispositivos físicos para visualización de datos.

Se recomienda el uso de computadores, por la facilidad de uso y al encontrarse con la posibilidad de que los componentes se puedan adaptar a las necesidades particulares con el fin de mantener costos dentro del presupuesto por cada caso a aplicar. Y con el uso de Internet para su conexión permitiendo una red de comunicación.

En la interfaz de usuario, por las personas encuestadas se puede observar un mejor entendimiento a interfaces que sea fácil de uso, intuitiva y segura. La sugerencia es una interfaz web, según Itrobes (2021) las principales ventajas son accesibilidad, actualizaciones automáticas y costo. Agrega algunas desventajas como una menor velocidad y una menor funcionalidad en comparación con una aplicación de escritorio o una aplicación móvil y restricciones en función a capacidad de procesamiento y conexión a Internet del dispositivo utilizado para acceder a la interfaz de usuario web.

Dentro de esta capa se encuentra el análisis de datos, con anterioridad se recogió la búsqueda de una excelente calidad para el café que se cultiva en Ecuador. La sugerencia de lograr un análisis de calidad, para esta tarea se recomienda el uso de la herramienta Tableau.

Según Absentdata (s. f.) las principales ventajas son Interfaz de usuario intuitiva, integración con diversas fuentes de datos, creación de visualizaciones dinámicas e interactivas. Por otro lado, las desventajas son de costos si se tiene una gran cantidad de usuarios o gran almacenamiento de datos y requiere de un aprendizaje moderado para una correcta utilización.

Por lo que aporta y la cantidad de datos o usuarios que se manejarían en una aplicación a agricultores las ventajas presentan mayor peso por lo que es una gran opción sugerida.

Finalmente, también se encuentra la base de datos lugar donde se recogerá la mayoría de datos de uso dentro de la aplicación. Se recomienda las bases de datos relacionales. Según Webandcrafts (2021) las principales son de fácil entendimiento, integración sencilla, soporte de transacciones y datos. Por otro lado, las desventajas son de limitaciones en la flexibilidad de la estructura de datos y exigencias frente al software de uso.

Las ventajas que presentan las bases de datos relacionales son de gran interés por la cantidad de datos manejados es moderada y por su implementación con diversa manera de recolección de datos previos a la implementación de la tecnología. La herramienta sugerida es MySQL.

Según W3schools (2019), las ventajas de MySQL son escalabilidad, integración y código abierto. En contrario las desventajas son el desempeño, la seguridad y complejidad.

Esta herramienta mantiene una interacción de gran fiabilidad con la mayoría de herramientas previas presentadas en esta capa por lo que encuentra dentro de la propuesta.

5.6.2.2 Capa de blockchain

Dentro de esta capa se representa el núcleo de todo el sistema, se sugiere la implementación con una blockchain publica.

Según Dutta (2022), las principales ventajas de Ethereum son descentralización, despliegue rápido para la implementación desde cero,

escalable y código abierto. Añade desventajas como uso de lenguaje de programación complicado y problemas en la escalabilidad.

Para el beneficio que se brindara, las ventajas sobre salen al momento de su implementación y lo que a considerar por la población donde se realizó las encuesta lograr un costo adecuado es de lo principal que se busca en una aplicación tecnológica de blockchain para el cultivo.

5.6.2.2.1 Creación de contrato inteligente

- **Definición del ambiente de trabajo y la estructura de directorios:** Antes de codificar el contrato, primero se necesita definir el entorno de desarrollo y crear la estructura de directorios para el proyecto. Esto incluiría la instalación de una plataforma de blockchain, como Ethereum, y la configuración de una billetera para almacenar los contratos.
- **Codificación del contrato inteligente:** Una vez que el entorno esté listo, se puede comenzar a codificar el contrato inteligente. En este ejemplo, el contrato será para un sistema de registro de cultivo de café. Se utilizará un lenguaje de programación compatible con la plataforma, como Solidity en Ethereum.
- **Descripción** de cada elemento que compone al contrato y su funcionalidad: En este punto, se describirá cada elemento que compone al contrato y su función. Por ejemplo, se definirán las variables para almacenar la información de los cultivos de café y las funciones para agregar, actualizar y consultar la información. También se establecerán las reglas de seguridad para garantizar la integridad de los datos.

Finalmente, una vez que se haya completado la codificación y la descripción de cada elemento, el contrato se subirá a la blockchain y estará listo para su uso.

La seguridad dentro de la red de Ethereum se puede configurar a través de los contratos inteligentes por lo que permite una aplicación de identificación y autenticación.

Sin embargo, la seguridad de una aplicación basada en Ethereum también depende de la implementación y programación de los contratos inteligentes, por lo que es importante tener cuidado al diseñar y desarrollar la aplicación.

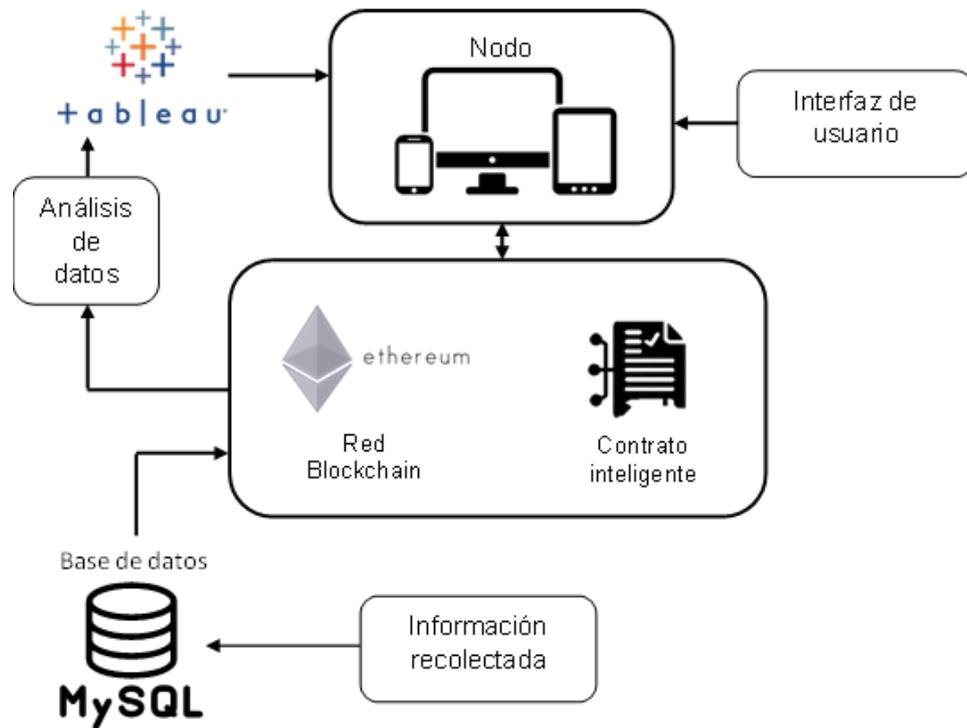
5.6.2.3 Capa Física

Dentro de la capa física se encuentran la información de los sensores o información recopilada manualmente. Esta recolección depende de la manera que se lleve a cabo en cada caso.

La recomendación es de lograr una conexión con la capa de servicio de blockchain con los sensores o mediante el ingreso de la información recopilada de forma manual.

Figura 19

Interacción de componentes de la aplicación blockchain



Nota: Elaboración propia

5.7 Costo

El costo de una propuesta de aplicación de blockchain para el registro de cultivo de café variaría dependiendo de varios factores, como el tamaño del proyecto, el número de actores involucrados, la complejidad de la solución y la tecnología utilizada.

Tabla 14*Posibles costos a incluir en la propuesta*

Tipo	Descripción
Costo de desarrollo	Incluiría el trabajo de los desarrolladores y diseñadores necesarios para crear la solución blockchain y la interfaz de usuario
Costo de infraestructura	Incluiría los costos de los equipos necesarios para ejecutar la solución blockchain, como servidores, dispositivos IoT, etc.
Costo de operación	Incluiría los costos de mantener y operar la solución blockchain, como el almacenamiento en la nube, la electricidad, etc.
Costo de capacitación	Incluiría el costo de capacitar a los usuarios finales y a los empleados del proyecto para utilizar la solución blockchain.

Nota: Elaboración propia

Una cifra exacta varía por la necesidad de soluciones personalizadas y de las necesidades específicas del proyecto.

5.8 Problemas a Enfrentar

Un proyecto de aplicación de blockchain para el registro de cultivo de café podría enfrentar varios desafíos, algunos de los cuales podrían ser:

Tabla 15*Principales desafíos para la propuesta*

Tipo	Descripción
Adopción del usuario	Uno de los principales desafíos es conseguir que los usuarios finales, especialmente los agricultores, adopten la solución y la utilicen de manera regular.
Integración con sistemas existentes	La solución blockchain podría requerir la integración con sistemas existentes, como los sistemas de riego, los sensores IoT, etc., lo que podría presentar desafíos técnicos.
Seguridad	Como con cualquier sistema tecnológico, la seguridad es un desafío importante. Es necesario garantizar la privacidad y la seguridad de la información almacenada en la cadena de bloques.
Cambios regulatorios	El entorno regulatorio relacionado con la tecnología blockchain está en constante evolución y podría haber cambios que afecten al proyecto.
Interoperabilidad	Algunas soluciones blockchain pueden no ser interoperables con otras, lo que podría causar problemas a la hora de conectar diferentes sistemas y procesos.
Escasez de recursos	Es posible que el equipo necesario para implementar una solución blockchain sea escaso, ya sea en términos de personal o de presupuesto.
Costo	: El costo de implementar una solución blockchain puede ser elevado y podría requerir un gran esfuerzo financiero.

Nota: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El Ecuador es un país de producción cafetera de excelente calidad, esta actividad se lleva desarrollando por una gran cantidad de años, pero contrariamente no ha sido modernizada en gran medida dentro de su cadena, algunas causas encontradas fue la accesibilidad y poca adopción de tecnología limitándose a su uso en herramientas de medición mas no de procesamiento o análisis.

Una tecnología que ha tomado gran importancia en los últimos años es blockchain, considerada de gran innovación por las propiedades que posee y su proyección a largo plazo. Conformada por aspectos como la descentralización, criptografía, registro inmutable y consenso por el cual se asegura la integridad de la información. Aspectos que han sido entendidos y desarrollados a lo largo del análisis.

A lo largo del desarrollo de este análisis, se han definido objetivos, escogido agricultores involucrados en el cultivo de café, recopilado datos por medio de entrevista e información de internet y análisis de la información recopilada. Logrando diferentes perspectivas y opiniones para lograr una comprensión completa del proceso actual de cultivo de café.

La aplicación de blockchain presentaría un gran impacto para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador, consiguiendo promover una mayor transparencia y seguridad de los datos, una trazabilidad más precisa, una mejor gestión de la cadena de suministro y una reducción de costos y tiempo de procesamiento. La aplicación de Blockchain en este contexto podría ser a través de la implementación de una plataforma descentralizada en la que se registre cada transacción y etapa del proceso de cultivo, desde la siembra hasta el envío al comprador. También se pueden crear contratos inteligentes que automatizan procesos y verifican la veracidad de la información. una registro y rastreo de la información sobre cultivo de café.

RECOMENDACIONES

Se recomienda una implementación aplicada a un grupo de agricultores para conseguir que el costo por la aplicación no se presente como un obstáculo de mayor importancia.

Socialización sobre los requerimientos que solicite cada caso para una correcta adopción del usuario.

Revisión de posibles modificaciones regulativas dado que al momento del análisis no existía ninguna que impida su implementación.

Un equipo de desarrollo con la experiencia necesaria para el manejo, ejecución y operabilidad de las herramientas necesarias de ser requerida una implementación

REFERENCIAS

- Abastecimiento, C. N. de. (2017). *Compêndio de Estudos Conab. 12.*
- Absentdata. (s. f.). Advantages and Disadvantages of Tableau. *AbsentData*. Recuperado 29 de enero de 2023, de <https://absentdata.com/advantages-and-disadvantages-of-tableau/>
- Agrawal, T. K., Kumar, V., Pal, R., Wang, L., & Chen, Y. (2021). Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. *Computers & Industrial Engineering*, 154, 107130. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107130>
- Arias, E. R. (s. f.). *Investigación descriptiva*. Economipedia. Recuperado 24 de agosto de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>
- Base de datos orientada a grafos. (2022). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Base_de_datos_orientada_a_grafos&oldid=148135706
- Bermeo-Almeida, O., Cardenas-Rodriguez, M., Samaniego-Cobo, T., Ferruzola-Gómez, E., Cabezas-Cabezas, R., & Bazán-Vera, W. (2018). Blockchain in Agriculture: A Systematic Literature Review. En R. Valencia-García, G. Alcaraz-Mármol, J. Del Cioppo-Morstadt, N. Vera-Lucio, & M. Bucaram-Leverone (Eds.), *Technologies and Innovation* (pp. 44-56). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3_4
- BigchainDB. (2018). *BigchainDB 2.0 The Blockchain Database*. <https://www.bigchaindb.com/whitepaper/>

Blockchain / Definition, Example, & Facts / Britannica. (s. f.). Recuperado 26 de junio de 2022, de <https://www.britannica.com/topic/blockchain>

Blockchain 1.0 / CoinMarketCap. (s. f.). CoinMarketCap Alexandria. Recuperado 26 de junio de 2022, de <https://coinmarketcap.com/alexandria/glossary/blockchain-1-0>

Cachin, C., & Vukolic, M. (2017). Blockchain Consensus Protocols in the Wild (Keynote Talk). En A. W. Richa (Ed.), *31st International Symposium on Distributed Computing (DISC 2017)* (Vol. 91, p. 1:1-1:16). Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.DISC.2017.1>

Café – CEFA Ecuador. (s. f.). Recuperado 25 de agosto de 2022, de <https://cefaecuador.org/productos/cafe/>

Castellano, N. (2022, marzo 7). ¿Por qué Ecuador importa tanto café? *Perfect Daily Grind Español.* <https://perfectdailygrind.com/es/2022/03/07/por-que-ecuador-importa-tanto-cafe/>

Chang, S. E., & Chen, Y. (2020). When Blockchain Meets Supply Chain: A Systematic Literature Review on Current Development and Potential Applications. *IEEE Access*, 8, 62478-62494. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2983601>

Concari, S. & Beatriz. (2014). Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? *LATIN AMERICAN JOURNAL OF PHysics education*, 8, 494.

Di Francesco Maesa, D., & Mori, P. (2020). Blockchain 3.0 applications survey. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 138, 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019>

Dutta, B. (2022, marzo 23). *Advantages and Disadvantages of Ethereum / Analytics Steps*.
<https://www.analyticssteps.com/blogs/advantages-and-disadvantages-ethereum>

Ferrández-Pastor, F.-J., Mora-Pascual, J., & Díaz-Lajara, D. (2022). Agricultural traceability model based on IoT and Blockchain: Application in industrial hemp production. *Journal of Industrial Information Integration*, 29, 100381.
<https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100381>

Haber, S., & Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, 3(2), 99-111. <https://doi.org/10.1007/BF00196791>

Hayes, A. (2021, octubre 31). *Peer-to-Peer (P2P) Service Definition*. Investopedia.
<https://www.investopedia.com/terms/p/peertopeer-p2p-service.asp>

Hayes, A. (2022, junio 24). *Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>

Hidalgo, I. I. V. (s. f.). *Tipos de estudio y métodos de investigación*. 12.

Hileman, G., & Rauchs, M. (2017). *2017 Global Blockchain Benchmarking Study* (SSRN Scholarly Paper N.º 3040224). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3040224>

Introducing QR Code in Agriculture: Read on to Know the benefits of QR Codes for Agribusiness Professionals. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2023, de <https://krishijagran.com/agriculture-world/introducing-qr-code-in-agriculture-read-on-to-know-the-benefits-of-qr-codes-for-agribusiness-professionals/>

ITrobes. (2021, septiembre 7). What are the advantages and disadvantages of web applications?
ITrobes - Software Consulting | Digital Transformation Services.

<https://www.itrobes.com/what-are-the-advantages-and-disadvantages-of-web-applications/>

Jha, N., Prashar, D., Khalaf, O. I., Alotaibi, Y., Alsufyani, A., & Alghamdi, S. (2021). Blockchain Based Crop Insurance: A Decentralized Insurance System for Modernization of Indian Farmers. *Sustainability*, 13(16), Art. 16. <https://doi.org/10.3390/su13168921>

La innovación y la propiedad intelectual. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2022, de https://www.wipo.int/ip-outreach/es/ipday/2017/innovation_and_intellectual_property.html

Lin, I.-C., & Liao, T.-C. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. *International Journal of Network Security*, 19, 653-659. [https://doi.org/10.6633/IJNS.201709.19\(5\).01](https://doi.org/10.6633/IJNS.201709.19(5).01)

Lopez Solorzano, K. J. (2013). El impacto de las nuevas tecnologías en el derecho de autor: Tratados internet de la OMPI y la ley de Propiedad Intelectual Ecuatoriana. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/6211>

Nakamoto, S. (s. f.). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 9.

Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), 183-187. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3>

Orús, A. (2022, mayo 31). *El mercado del café en el mundo—Datos estadísticos*. Statista. <https://es.statista.com/temas/9035/el-cafe-en-el-mundo/>

Otero-Ortega, A. (2018). *ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN*.

Panda, S. K., Jena, A. K., Swain, S. K., & Satapathy, S. C. (Eds.). (2021). *Blockchain Technology: Applications and Challenges* (Vol. 203). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69395-4>

Pasquali, M. (2021, marzo 11). *Infografía: Los países latinoamericanos más preparados para las tecnologías de vanguardia*. Statista Infografías. <https://es.statista.com/grafico/24391/preparacion-para-las-tecnologias-de-vanguardia-en-latinoamerica/>

Petters, J. (2020, abril 6). *What is PGP Encryption and How Does It Work?* <https://www.varonis.com/blog/pgp-encryption>

¿Qué es el Software Libre? - Proyecto GNU - Free Software Foundation. (s. f.). Recuperado 26 de junio de 2022, de <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>

¿Qué son las claves públicas y privadas? (s. f.). Ledger. Recuperado 28 de enero de 2023, de <https://www.ledger.com/es/academy/que-son-las-claves-publicas-y-privadas>

Regímenes Aduaneros – Servicio Nacional de Aduana del Ecuador. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2022, de <https://www.aduana.gob.ec/regimenes-aduaneros/>

Relational and non relational databases. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2023, de <https://www.pragimtech.com/blog/mongodb-tutorial/relational-and-non-relational-databases/>

Rennock, M., Cohn, A., & Butcher, J. (2018). *Blockchain Technology and Regulatory Investigations*. Practical Law. [http://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/w-012-0333?transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true](http://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/w-012-0333?transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true)

- Risius, M., & Spohrer, K. (2017). A Blockchain Research Framework: What We (don't) Know, Where We Go from Here, and How We Will Get There. *Business & Information Systems Engineering*, 59(6), 385-409. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0506-0>
- Ronaghi, M. H. (2021). A blockchain maturity model in agricultural supply chain. *Information Processing in Agriculture*, 8(3), 398-408. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.10.004>
- Sanabria-Gómez, S. A., & Caro-Moreno, J. C. (2020). Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: El rol de la Federación Nacional de Cafeteros. *Revista EAN*, 88, 223-241.
- Sherman, A. T., Javani, F., Zhang, H., & Golaszewski, E. (2019). On the Origins and Variations of Blockchain Technologies. *IEEE Security & Privacy*, 17(1), 72-77. <https://doi.org/10.1109/MSEC.2019.2893730>
- Szabo, N. (2008, diciembre 27). Unenumerated: Bit gold. *Unenumerated*. <https://unenumerated.blogspot.com/2005/12/bit-gold.html>
- Tendencias Tecnológicas de Mayor Impacto en el Ecuador para el Año 2020*. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2022, de https://www.ey.com/es_ec/consulting/tendencias-tecnologicas-de-mayor-impacto-en-el-ecuador-para-el-a
- Tyson, J. (2000, octubre 30). *How the Old Napster Worked*. HowStuffWorks. <https://computer.howstuffworks.com/napster.htm>
- UNCTAD (Ed.). (2021). *Catching technological waves: Innovation with equity*. United Nations.

- Venegas Sánchez, S. S., Orellana Bueno, D., & Pérez Jara, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *RECIMUNDO*, 2(2), 24-44. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)
- W3schools. (2019, julio 15). *MySQL advantages and disadvantages*. W3schools. <https://www.w3schools.blog/mysql-advantages-disadvantages>
- Wang, S., Li, D., Zhang, Y., & Chen, J. (2019). Smart Contract-Based Product Traceability System in the Supply Chain Scenario. *IEEE Access*, 7, 115122-115133. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935873>
- Wang, S., Yuan, Y., Wang, X., Li, J., Qin, R., & Wang, F.-Y. (2018). An Overview of Smart Contract: Architecture, Applications, and Future Trends. *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 108-113. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500488>
- Webandcrafts. (2021, diciembre 10). What is RDBMS? Top Advantages and Disadvantages of RDBMS. *Webandcrafts Blog*. <https://webandcrafts.com/blog/advantages-disadvantages-rdbms/>
- What is user interface (UI)? Definition from SearchAppArchitecture*. (s. f.). App Architecture. Recuperado 28 de enero de 2023, de <https://www.techtarget.com/searchapparchitecture/definition/user-interface-UI>

ANEXOS

Estructura de Entrevistas

Entrevista Parte Administrativa De La Cadena De Cultivo

Entrevistado:

Administrador de Finca Artesanal

1. ¿Cuál es la principal herramienta de gestión para su trabajo con el café?
2. ¿Cómo se efectúa el control de distribución de las áreas en el proceso?
3. ¿Qué tipos herramientas cree usted que son más efectivas en el área de administración dentro del sector cafetero las tecnológicas o tradicionales?
4. ¿Considera el uso de herramientas tecnológicas un factor diferenciador?
5. ¿Existe algún limitante legal para la aplicación de tecnología en el sector cafetero que conozca?
6. ¿Desde el sector público ha tenido propuestas de aplicación de alguna herramienta tecnológica en el proceso de registro de todo el proceso de café?
7. ¿Desde el sector privado ha tenido propuestas de aplicación de alguna herramienta tecnológica en el proceso de registro de todo el proceso de café?
8. ¿Estaría dispuesto a invertir en una herramienta tecnológica considerada emergente?
9. ¿Tiene algún conocimiento sobre la tecnología blockchain?
10. Entendiendo la tecnología como un libro de cuentas ¿Consideraría su aplicación una mejora o algo indiferente?

Entrevista Parte Producción De La Cadena De Cultivo

Entrevistado:

Supervisor de producción de Finca

1. ¿Cuál es la principal herramienta de control de producción para el café?
2. ¿Se registra el proceso de crecimiento del café con el uso de alguna herramienta tecnológica?
3. ¿Se realiza el uso de sustancias químicas en alguna parte del proceso? y si no se lo hace ¿Cómo se mitiga una plaga por enfermedad?
4. Desde su experiencia ¿Cree que el proceso control de la planta de café es óptimo de la manera que se lo realiza actualmente?
5. ¿Cuál es el principal indicador de un correcto crecimiento o desarrollo del café?
6. ¿Considera el uso de la tecnología como una herramienta indispensable en la producción de café?
7. ¿Cree que un registro de los procesos a cargo de su área aplicados en una tecnología permitiría mejorar la reputación del mismo?
8. ¿Estaría dispuesto a conocer sobre una herramienta tecnológica considerada emergente?
9. ¿Tiene algún conocimiento sobre la tecnología blockchain?
10. Entendiendo la tecnología como un libro de cuentas ¿Consideraría su aplicación una mejora o algo indiferente?

Entrevista Parte De Control De Calidad De La Cadena De Cultivo

Entrevistado:

Supervisora de control de calidad de Finca

1. ¿Cuál es el primer proceso que verifica para comprobar su calidad?
2. ¿Se tiene algún registro del proceso que recibió el café hasta su secado? Si existe ese registro ¿cómo se tiene certeza de lo verídico que es?
3. ¿Se hace uso de alguna herramienta tecnológica al efectuar un control de calidad para el café?
4. ¿Se realiza algún tipo de clasificación previo al empaqueo por uso de tecnología?
5. ¿Cuál es la principal herramienta de control al momento de realizar un empaqueo final del café?
6. ¿Existe uso de herramientas tecnológicas en el registro de todos los procesos que recibió el café?
7. ¿Al momento del empaqueo se deja constancia del proceso que recibió el producto durante todo el proceso?
8. ¿Estaría dispuesto a conocer sobre una herramienta tecnológica considerada emergente?
9. ¿Tiene algún conocimiento sobre la tecnología blockchain?
10. Entendiendo la tecnología como un libro de cuentas ¿Consideraría su aplicación una mejora o algo indiferente?

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ordóñez Silva, José Enrique**, con C.C: # **1104800790** autor/a del trabajo de titulación: **“Análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador.”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de la Computación** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de febrero de 2023



Nombre: **José Enrique Ordóñez Silva**

C.C: **1104800790**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis sobre la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café dentro del Ecuador		
AUTOR(ES)	José Enrique Ordóñez Silva		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Galo Enrique Cornejo Gómez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Ciencias de la Computación		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Ciencias de la Computación		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de febrero del 2023	No. DE PÁGINAS:	68
ÁREAS TEMÁTICAS:	Blockchain, Trazabilidad, Cultivos Cafeteros		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Tecnología blockchain, cultivo de café, contratos inteligentes		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El objetivo principal de este proyecto de integración curricular es lograr un análisis de la aplicación de la tecnología blockchain para el registro de cultivo de café en el Ecuador. Se procedió con un enfoque cualitativo en la recopilación de información de procesos llevados por agricultores de café ubicados en la provincia de Loja. Se realizó una descripción de los procesos que componen la tecnología blockchain junto con métodos y modelos usados en diversas aplicaciones del área de la agricultura. El resultado fue la presentación de un modelo que posibilita una aplicación a través de contratos inteligentes, con una sugerencia de un modelo aplicable en el área de análisis.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-990928242	E-mail: jose.ordz.silva@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Toala Quimí, Edison José		
	Teléfono: +593-990-976776		
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			