



USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES DE TRAZABILIDAD PARA LA ADAPTACIÓN A LAS NORMATIVAS DE DEBIDA DILIGENCIA Y CADENAS LIBRES DE DEFORESTACIÓN EN LATINOAMÉRICA



La Red Sectorial de Gestión Ambiental y Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe de la Cooperación Técnica Alemana. Colaboradores del Workstream GADeR ALC: Uso de herramientas digitales de trazabilidad para la adaptación a las normativas de Debida Diligencia y Cadenas Libres de Deforestación en Latinoamérica.

Consultor

Luis Fernando Rivera Baez

Equipo del *Workstream* de GIZ

Bischoff, Malina
GIZ Brasil

Kuehnel, Anna
GIZ SV

Bravo, Wilder
GIZ Ecuador

Larco, Juan
GIZ Ecuador

Brieger, Katerin
GIZ Bolivia

Moscoa, Juan Carlos
GIZ Costa Rica

Carrillo, Jorge
GIZ Perú

Núñez, Ramón
GIZ México

Cossio, Gladys
GIZ Perú

Rangel, Vivian
GIZ Colombia

Fonseca, Verónica
GIZ Costa Rica

Saavedra, Carlos.
GIZ Bolivia

Gamez, Mauricio
GIZ Bolivia

Stock, Felipe
GIZ Brasil

Holvorcem, Christiane
GIZ Brasil

Zenero, Tiago
GIZ Brasil

ACRÓNIMOS

CD3D: Directiva sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad (CSDDD).

EUDR: *European Union Deforestation Regulation* (Reglamento de la Unión Europea sobre la Deforestación).

LDD: Debida diligencia legal.

I. A: Inteligencia artificial.

IoT: *Internet of Things* (Internet de las Cosas). Es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet, permitiendo que recojan y compartan datos.

CONTENIDO

1. Introducción.....	6
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo general	7
2.2 Objetivos específicos	7
3. Procedimiento y alcance del estudio	8
4. Desarrollo del estudio.....	9
4.1 Factores habilitantes y limitantes para el uso de herramientas digitales.....	9
4.2 Estudio de mercado	10
4.2.1 Segmentación del mercado	10
4.2.2 Necesidades y problemáticas del sector.....	10
4.2.3 Competencia y panorama actual	10
4.2.4 Modelo de negocio y viabilidad.....	10
4.2.5 Tendencias tecnológicas y regulatorias	10
4.3 Mapeo de proceso y actores clave.....	11
4.3.3 Información y requerimientos mínimos de la EUDR	11
5. Análisis comparativo de las herramientas para trazabilidad utilizadas en Latinoamérica.....	12
5.1 Descripción de las herramientas digitales seleccionadas	12
5.1 ¿Qué características deben tener las herramientas digitales para la trazabilidad?.....	17
5.1.1 Fortalezas (F)	17
5.1.2 Oportunidades (O)	17
5.1.3 Debilidades (D)	18
5.1.4 Amenazas (A)	18
5.2 Análisis FODA de las herramientas para trazabilidad	19
5.3 Brechas de oportunidad identificadas	25
6. Plan de propuesta de mejora	26
6.1 Sostenibilidad del modelo de negocio.....	26
6.1.1 Segmentación de usuarios	26
6.1.2 Monetización.....	26
6.1.3 Eficiencia y confiabilidad.....	27
6.1.4 Impacto social y accesibilidad.....	27

6.1.5 Valor agregado	27
6.2 Interoperabilidad	28
6.3 Estandarización de los procesos de trazabilidad	29
6.3.1 Mapeo la cadena productiva.....	29
6.3.2 Definir estándares de datos	29
6.3.3 Digitalizar la captura y el almacenamiento de datos	29
6.3.4 Diseñar un sistema único de identificación	30
6.3.5 Crear procedimientos operativos estandarizados	30
6.3.6 Establecer mecanismos de verificación y auditoría	30
6.3.7 Monitoreo y mejora continua.....	30
6.3.8 Estrategias de capacitación con enfoque inclusivo.....	30
6.4 Limitaciones del estudio	31
6.5 Consideraciones para estudios posteriores	32
7. Conclusiones.....	34
8. Guía de implementación para sistemas de trazabilidad	35
8.1 ¿Qué información se necesita recopilar?	35
8.1.1 Ejemplo; mapeo de proceso y puntos de recaudación de datos.....	36
8.2 Diseño de una herramienta de trazabilidad.....	39
9. Referencias	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento para el desarrollo del informe.	8
Figura 2. Actores clave de trazabilidad.....	11
Figura 3. Análisis FODA de la herramienta INATRACE.	20
Figura 4. Análisis FODA de la herramienta MICACAO.....	21
Figura 5. Análisis FODA de la herramienta SAC TRAZABILIDAD.	22
Figura 6. Análisis FODA de la herramienta SITMA.	23
Figura 7. Análisis FODA de la herramienta APP TRAZA.	24
Figura 8. Marco de cumplimiento de la EUDR.....	35
Figura 9. Mapeo de proceso para la cadena productiva del café.	36
Figura 10. Procedimiento de implementación de trazabilidad.	37
Figura 11. Diagrama de flujo para la implementación de un sistema de trazabilidad.....	38
Figura 12. Esquema de un modelo de negocio.	40
Figura 13. Diagrama de flujo para el desarrollo de software para trazabilidad.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de las herramientas para trazabilidad.....	14
Tabla 2. Características específicas y aplicaciones de las herramientas de trazabilidad.	15
Tabla 3. Características técnicas de las herramientas de trazabilidad.	16
Tabla 4. Matriz de oportunidades de las herramientas de trazabilidad.	25
Tabla 5. Herramientas para la interoperabilidad.	28

1. Introducción

En un esfuerzo por combatir el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación ambiental, la Unión Europea ha adoptado una nueva regulación para prohibir la importación de productos asociados con la deforestación y la degradación forestal (EUDR). Esta normativa, aprobada el 31/05/2023, establece medidas estrictas para garantizar que los productos que ingresen al mercado europeo cumplan con los siguientes aspectos: i) la libre deforestación, ii) la producción bajo la legislación relevante del país de producción y iii) la declaración de la debida diligencia. La normativa abarca una amplia gama de productos, como los provenientes de la ganadería, aceite de palma, madera, cacao, café o caucho y obliga a los productores a mostrar la trazabilidad de sus cadenas de suministro desde la fuente de origen hasta su comercialización.

El desafío que plantea la nueva regulación no es solo implementar la trazabilidad de manera efectiva, sino también superar dificultades como la variabilidad en los sistemas de recolección de datos, la estandarización de los formatos y la disponibilidad de información en tiempo real. Los productores deberán adoptar tecnologías innovadoras y estrategias robustas para cumplir con los nuevos requisitos legales, mientras garantizan la sostenibilidad de sus procesos. Por lo tanto, la regulación europea impulsa una transformación en los sistemas de producción y comercio a nivel global, destacando la importancia de los sistemas digitales como instrumentos indispensables para una gestión eficiente y sostenible de los recursos naturales.

En ese sentido, las herramientas digitales de trazabilidad se han convertido en una pieza clave para garantizar el cumplimiento de la normativa. Estas herramientas permiten rastrear la cadena de suministro de los productos desde su origen hasta su llegada a los consumidores finales. Mediante tecnologías avanzadas como el uso de *blockchain*, sistemas de geolocalización y plataformas de gestión de datos, las empresas pueden demostrar de manera transparente y verificable que sus productos no están vinculados a la deforestación.

El presente informe tiene como objetivo la realización de un diagnóstico para definir una línea base de las herramientas digitales que contribuyan a la trazabilidad y la adaptación a las nuevas normativas europeas. Se incluye la metodología de desarrollo, herramientas existentes y los principales hallazgos identificados desde la perspectiva de sus modelos de negocio.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Definir una línea base de herramientas digitales existentes para la trazabilidad en las cadenas de suministro seleccionadas en Latinoamérica, que facilite la identificación de brechas/oportunidades en el cumplimiento de normativas europeas.

2.2 Objetivos específicos

- ◆ Recopilar y analizar información primaria y secundaria acerca de la disponibilidad y nivel de aplicación de herramientas digitales de trazabilidad en cadenas de valor / suministro (con producción en América Latina), enfocadas al cumplimiento de las nuevas normativas europeas (LDD, CS3D, EUDR).
- ◆ Desarrollar formatos digitales o multimedia para cerrar brechas de conocimiento en la GIZ (con base en la información recopilada).
- ◆ Identificar brechas, riesgos y oportunidades sobre la aplicabilidad de las herramientas para cubrir / cumplir los requerimientos planteados por las normativas europeas de interés.
- ◆ Definir recomendaciones y buenas prácticas para la construcción de una guía que facilite la implementación y escalabilidad de estas herramientas para el cumplimiento de las normativas europeas y evite la duplicidad.

3. Procedimiento y alcance del estudio

La estructura del presente estudio está conformada por cinco importantes etapas, de tal manera que se satisfagan las necesidades planteadas en los objetivos. En la Figura 1 se muestra la metodología empleada para el desarrollo del informe.

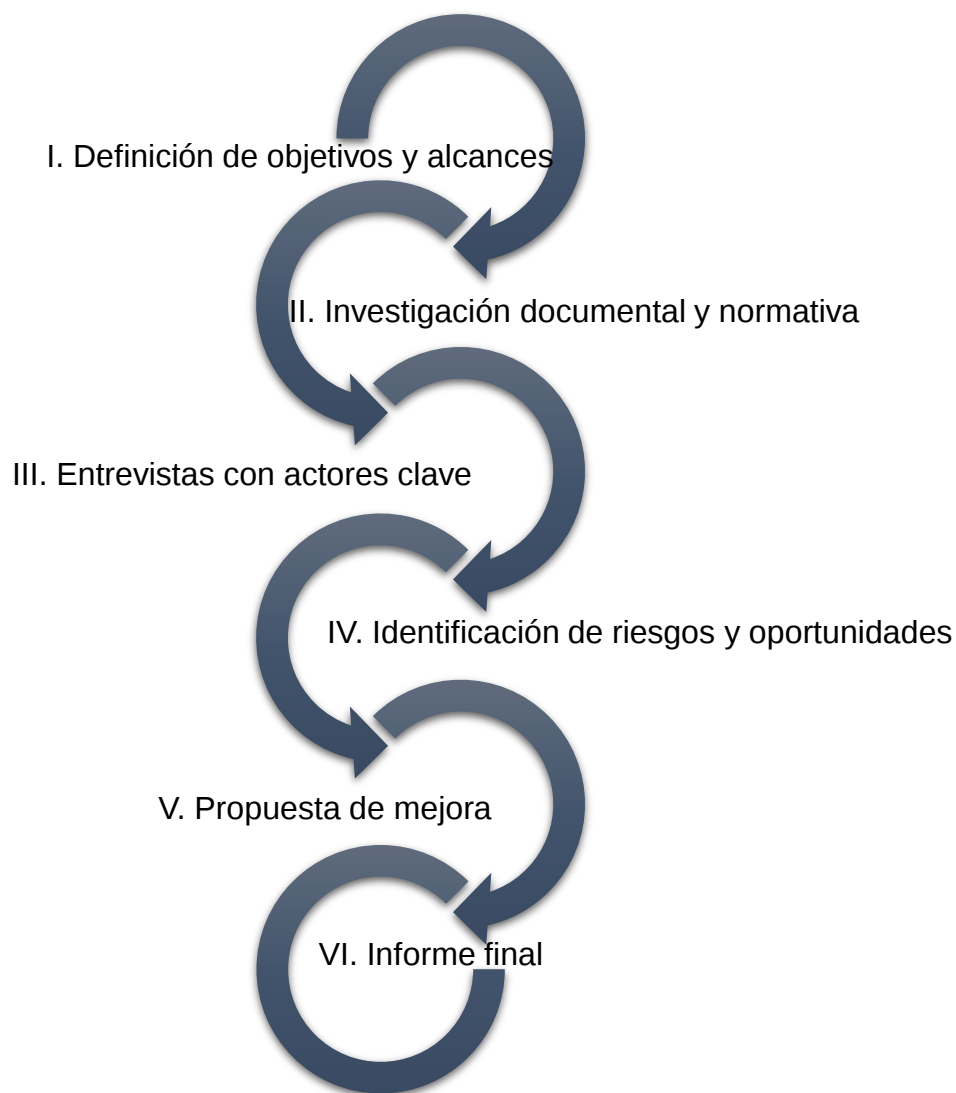


Figura 1. Procedimiento para el desarrollo del informe.

4. Desarrollo del estudio

4.1 Factores habilitantes y limitantes para el uso de herramientas digitales

La tecnología no es imparcial. Su desarrollo, las personas que la crean, quiénes la utilizan y de qué manera, están determinados por los intereses y objetivos de quienes tienen la capacidad de diseñarla. Expertos en ciencias sociales han destacado cómo las nuevas tecnologías pueden perpetuar desigualdades globales, consolidar desequilibrios de poder vinculados a la gestión de la propiedad de los datos y han señalado la ausencia de políticas que aborden las implicaciones de las tecnologías digitales (Rotz *et al.*, 2019).

Uno de los factores de mayor preocupación es el de inclusión y exclusión de personas, debido a la brecha tecnológica que existe. Existen comunidades con difícil acceso y disponibilidad de tecnología nula o limitada. Reconocer este factor implica que las desigualdades sociales, geográficas y económicas son una realidad, además del reto que representa incursionar en esos sectores.

El uso de herramientas digitales está condicionado por diversos factores, que influyen en su adopción y efectividad. Entre los principales factores habilitantes se encuentran la infraestructura tecnológica adecuada, el acceso a internet de calidad y la disponibilidad de dispositivos electrónicos. También, la capacitación y alfabetización digital juegan un papel crucial, ya que los usuarios deben poseer habilidades técnicas para aprovechar al máximo estas herramientas. Otros factores incluyen los apoyos institucionales, incentivos económicos y políticas públicas que fomenten la digitalización (Ayris y Rose, 2023).

Por otro lado, los factores limitantes pueden frenar la implementación y adopción de estas tecnologías. La falta de acceso a infraestructura digital en zonas rurales o desfavorecidas representa una barrera significativa. La resistencia al cambio, motivada por desconocimiento o desconfianza en las tecnologías, también dificulta su adopción. Además, los costos elevados de implementación y mantenimiento pueden ser un obstáculo para pequeñas empresas o comunidades con recursos limitados. Los factores culturales y normativos, como la falta de regulaciones claras o marcos legales restrictivos, pueden generar incertidumbre en el uso de herramientas digitales.

Por lo tanto, para maximizar el impacto positivo de las herramientas digitales, es fundamental fortalecer los factores habilitantes y mitigar las barreras que limitan su uso. Esto requiere un enfoque integral que combine inversión en infraestructura, formación de usuarios y estrategias de inclusión digital.

4.2 Estudio de mercado

La realización de un estudio de mercado especialmente dirigido a herramientas digitales para la trazabilidad permite identificar aquellos puntos relevantes, que están enfocados en productores y cooperativas para el cumplimiento de las regulaciones del país de origen y de las nuevas normativas europeas. A continuación, se enlistan los elementos clave que se deben considerar (GTA, 2023).

4.2.1 Segmentación del mercado

- ◆ Perfil de los usuarios: productores, cooperativas, exportadores y certificadoras.
- ◆ Tamaño del mercado: cantidad de potenciales usuarios en regiones clave.
- ◆ Nivel tecnológico: capacidades digitales y acceso a internet de los usuarios.

4.2.2 Necesidades y problemáticas del sector

- ◆ Retos en la trazabilidad: dificultades en la recopilación y gestión de datos.
- ◆ Normativas aplicables: requisitos específicos del EUDR y otras regulaciones.
- ◆ Interoperabilidad: compatibilidad con otros sistemas utilizados en el sector.

4.2.3 Competencia y panorama actual

- ◆ Plataformas existentes: empresas o soluciones disponibles.
- ◆ Diferenciación: características únicas que pueden ofrecer las herramientas.
- ◆ Adopción tecnológica: niveles de uso y barreras para la implementación.

4.2.4 Modelo de negocio y viabilidad

- ◆ Disposición a pagar: ¿cuánto estarían dispuestos a invertir los productores?
- ◆ Modalidad de acceso: suscripción, licencia, modelo freemium o apoyos gubernamentales.
- ◆ Soporte y capacitación: necesidad de formación para el uso del sistema.

4.2.5 Tendencias tecnológicas y regulatorias

- ◆ Uso de *blockchain*, *I.A* o *IoT*: viabilidad de tecnologías emergentes.
- ◆ Actualización de la normativa: posibles cambios en las regulaciones a futuro.

4.3 Mapeo de proceso y actores clave

En la Figura 2 se muestran los actores clave de la cadena de valor de un producto que es exportado y comercializado en la EU. Cada uno de ellos debe aportar información referente a la trazabilidad del producto o servicio, así como cumplir con las regulaciones correspondientes de cada país (IICA, 2024).

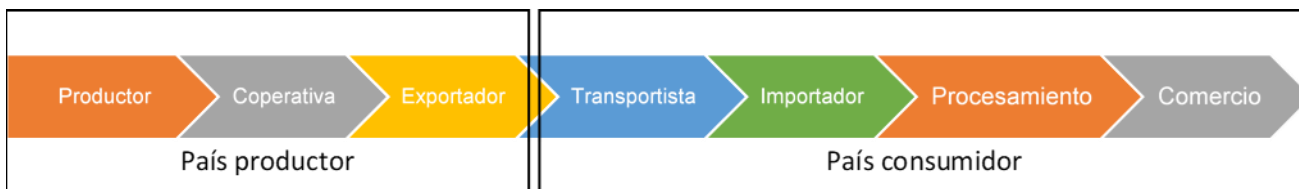


Figura 2. Actores clave de trazabilidad.

4.3.3 Información y requerimientos mínimos de la EUDR

Los productos que se comercializan en la EU deben estar cubiertos por la declaración de la debida diligencia (EUDR), que en materia de cadenas libres de deforestación la información mínima requerida es la siguiente: (European Commission, 2023).

◆ Información fácil de obtener:

- ✓ Descripción del producto
- ✓ Cantidad
- ✓ País de origen
- ✓ Información del proveedor
- ✓ Información del destinatario

◆ Información de mayor dificultad de obtención:

- ✗ Geolocalización de la producción
- ✗ Verificación libre de deforestación
- ✗ Cumplimiento con la legislación
- ✗ Medidas de evaluación de riesgos
- ✗ Medidas de mitigación de riesgos

◆ Riesgos de incumplimiento:

Se miden principalmente por: las tasas de deforestación y degradación forestal, la expansión de tierras agrícolas para productos clave y las tendencias de producción de los productos y mercancías.

5. Análisis comparativo de las herramientas para trazabilidad utilizadas en Latinoamérica

Las herramientas de trazabilidad son de gran utilidad en el cumplimiento de requisitos y gestión de la información, de tal forma que se garantice el cumplimiento de las regulaciones. En este apartado se muestran cinco herramientas que actualmente se desarrollan y operan a nivel Latinoamérica.

El levantamiento de información se llevó a cabo a través de entrevistas realizadas a expertos y desarrolladores de las herramientas, en donde se abordaron preguntas relevantes a cerca de su contexto, funcionamiento, software, sectores dirigidos, ventajas y desventajas, así como las áreas de oportunidad.

5.1 Descripción de las herramientas digitales seleccionadas

INATRACE: desarrollado por el Programa de la GIZ "Iniciativa para Cadenas de Suministro Agrícolas Sostenibles (INA)" en el proyecto PROCAMBIO II de la GIZ. El objetivo de la plataforma es establecer cadenas de suministro agrícolas mundiales transparentes que mejoren las condiciones económicas de los pequeños productores y dar cumplimiento a las normativas europeas.

MICACAO: desarrollado en cooperación con Helvetas Perú en el marco del proyecto *The Open Cocoa Chain*. Esta herramienta facilita la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro del cacao. Además, conecta a productores, cooperativas y exportadores a través de herramientas digitales que ayudan a validar la cero-deforestación en sus cadenas de valor. El proyecto piloto se desarrolla en Colombia y Perú. Esta plataforma permitirá cumplir con regulaciones futuras, además de la EUDR.

SAC MÓDULO DE TRAZABILIDAD: sistema administrativo comercial (SAC) con herramientas de productores fincas y parcelas que apoyen a los temas de trazabilidad y requerimientos de la EUDR.

SITMA: Debido a la necesidad de saber de dónde proceden los alimentos mexicanos junto con todo su proceso integral, como parte de la rastreabilidad de un producto, surge el Sistema Informático de Trazabilidad de las Mercancías Agropecuarias, Acuícolas y Pesqueras (SITMA) que permite conservar y abrir nuevos nichos de mercado para preservar las exportaciones y el abasto nacional.

APP TRAZA: La App Trazabilidad Amigable con la Biodiversidad es una herramienta en proceso de desarrollo por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México en colaboración con GIZ. El software permite registrar procesos de movilización, transformación y etiquetado, para rastrear la trazabilidad del producto. El consumidor final puede escanear un código QR en la etiqueta de productos certificados Amigables con las Biodiversidad (proyecto en desarrollo) y de esta forma conocer la procedencia e información básica del producto. Diseñada para café, cacao y miel.

Es importante determinar el propósito que tiene cada una de las herramientas analizadas y por ello, identificar el contexto de quién, cómo y para qué fueron creadas permite la apertura de comparar aquellas características compartidas o diferenciadoras. Uno de los grandes retos fue la clasificación de la información recopilada durante el levantamiento. Para ello, se elaboraron tablas con los rubros más importantes que son considerados al momento de desarrollar e implementar una herramienta de trazabilidad. La información se clasificó en tres categorías de características: i) generales, ii) específicas y iii) técnicas. La información se muestra agrupada en las Tablas 1, 2 y 3 respectivamente. (Elaboración propia con apoyo de la información de CCS, 2023).

Tabla 1. Características generales de las herramientas para trazabilidad.

Herramienta	País	Año	Tipo de tecnología	A cargo de	Socios
INATrace	Ruanda	2020	Blockchain	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).	Varios países de LATAM
MICACAO	Colombia y Perú	2024	Blockchain	BMZ, Helvetas y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).	Organizaciones nacionales y cooperativas
SAC	Ecuador	2016	-Centralización de datos	MJTEC	Sector privado
SITMA	México	2020	Centralización de datos	Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).	Cooperativas y productores nacionales
APP TRAZA	México	En desarrollo	Centralización de datos	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y GIZ Biodiversidad México.	Productores y comercializadores nacionales

Tabla 2. Características específicas y aplicaciones de las herramientas de trazabilidad.

Plataforma	INATRACE	MICACAO	SAC	SITMA	APP TRAZA
Enfoque comercial	Café, cacao y piña	Cacao	Diferentes productos agrícolas y ganaderos	Mango, aguacate, bovinos, ovinos, porcinos, aves, camarón, etc	Café, cacao y miel
Costo	Acceso libre	Acceso libre	2500 USD pago inicial el primer año y 70 USD los siguientes años	Acceso libre y de paga (algunos trámites)	Acceso libre si se cuenta con la certificación
Alimentación de la base de datos	Hoja de cálculo y App	Hoja de cálculo y App	Hoja de cálculo y App	Web	App
Permite certificaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Interoperabilidad	Sí con WHISP	Sí, con Global Forest Watch y sigue en desarrollo con otros sistemas	Sí, con bases de datos con información sobre trazabilidad y SAP	Sí, se interconecta con sistemas 11 de información internos y externos	Sí
App móvil	Si	Sí solo Android	Sí solo Android	No	Sí
Acceso público de información	Sí	No	No	Parcial	No
Cumplimiento de la EUDR	Sí	Los datos podrían utilizarse para el cumplimiento de la EUDR	Sí	No	Los datos podrían utilizarse para el cumplimiento de la EUDR

Tabla 3. Características técnicas de las herramientas de trazabilidad.

Herramienta	INATRACE	MICACAO	SAC	SITMA	APP TRAZA
Número de usuarios	25 empresas con múltiples usuarios	4,200 productores y cooperativas	60 usuarios	4,629,134 usuarios potenciales ¹	Meta inicial de 2,400 usuarios. Segunda etapa 4800 y tercera etapa 10,000
Lenguaje de programación	Java y Angular	Java	Php	Angular y Spritbut	PhP, Laravel, Typescrip, IONIC, Java y Kotlin
Funcionamiento Offline	Sí	Sí	Sí	No	Si
Soporte y capacitación	Sí	Sí	Sí	Sí	En desarrollo
Uso de códigos QR/barras	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Uso de satélites para el mapeo de polígonos	Sí	Sí	No	No	Sí
Nivel de capacitación requerido	Medio	Medio	Fácil	Medio	Medio
Dificultad de operación	Fácil	Fácil	Fácil	Medio	Fácil

¹ El censo reporta que, en 2022 había 4.6 millones de unidades de producción agropecuaria. Fuente: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/CA_Adic/CA_Adic2024.pdf

5.1 ¿Qué características deben tener las herramientas digitales para la trazabilidad?

Para dar respuesta a la pregunta anterior se utilizaron análisis FODA para una mejor comprensión de la información. Se muestra una recopilación de todas aquellas características “ideales” que un software debería tener y se enlistan a continuación (Rfxcel, 2021), (Rebound EU, 2022):

5.1.1 Fortalezas (F)

- ✓ Automatización y eficiencia: facilitar la recopilación, gestión y análisis de datos.
- ✓ Transparencia y confiabilidad: permitir el seguimiento detallado de la cadena de suministro con evidencia verificable.
- ✓ Cumplimiento normativo y de certificación: ayudar a las empresas a cumplir con la EUDR, obtener certificaciones y ser de apoyo para las auditorías.
- ✓ Interoperabilidad: tener la capacidad de operar en conjunto con gestores de datos, funciones satelitales, blockchain, internet de las cosas (IoT), sensores de monitoreo en tiempo real e inteligencia artificial.
- ✓ Soporte técnico y seguimiento: que las herramientas cuenten con un soporte al que el usuario pueda acceder en caso de presentar algún problema o incertidumbre.

5.1.2 Oportunidades (O)

- ◆ Sostenibilidad: las herramientas logran su sustentabilidad en función a su demanda y los fondos que las respalden.
- ◆ Expansión de mercado: lograr lineamientos y buenas prácticas para funcionar en diferentes regiones del mundo.
- ◆ Innovación tecnológica: integrar sistemas que le confieran robustez al sistema (I. A, accesibilidad o sensores).
- ◆ Financiamiento y certificaciones: crear proyectos que impulsen el uso y desarrollo de estas herramientas.

5.1.3 Debilidades (D)

- ✘ Costos de implementación: No todas los productores y empresas pueden permitirse adoptar estas soluciones, especialmente las PYMEs.
- ✘ Dependencia de la precisión de los datos: la calidad de la trazabilidad depende de la disponibilidad y veracidad de los datos proporcionados por proveedores.
- ✘ Falta de estandarización: existen múltiples herramientas con distintos enfoques, lo que puede generar incompatibilidades en la cadena de suministro.
- ✘ Capacitación especializada: se necesita personal que otorgue formación para el correcto uso de las herramientas, además de integrar recursos audiovisuales o manuales para el usuario.

5.1.4 Amenazas (A)

- ⚡ Competencia y consolidación del mercado: grandes empresas tecnológicas pueden dominar el sector, limitando la entrada de nuevos usuarios.
- ⚡ Seguridad y fraude: riesgos de datos personales, manipulación de datos o hackeos.
- ⚡ Resistencia de los usuarios: algunos usuarios pueden oponerse a la transparencia, dificultando la recopilación de datos.
- ⚡ Modelo de negocio: los fondos para operar las herramientas deben ser sostenibles y sin incertidumbre.

5.2 Análisis FODA de las herramientas para trazabilidad

Teniendo en cuenta las características anteriores, se realizaron análisis FODA de cada una de las herramientas, de acuerdo con su modelo de negocio, usabilidad, interoperabilidad y región de utilización. Además, se interrelacionaron los elementos internos de la siguiente manera (Gurel y Tat, 2017):

FO (Fortalezas + Oportunidades): ¿Cómo se pueden aprovechar las fortalezas para potenciar las oportunidades?

DO (Debilidades + Oportunidades): ¿Qué acciones pueden mitigar las debilidades para aprovechar las oportunidades?

FA (Fortalezas + Amenazas): ¿Cómo pueden las fortalezas contrarrestar las amenazas?

DA (Debilidades + Amenazas): ¿Qué riesgos representan las amenazas para las debilidades y como pueden evitarse?

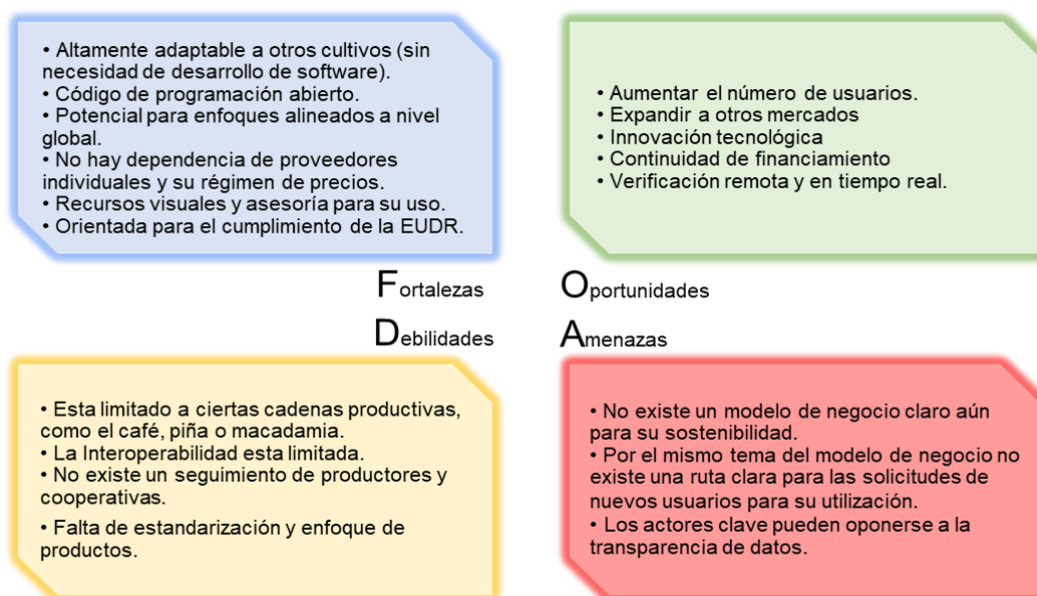


Figura 3. Análisis FODA de la herramienta INATRACE.

Hallazgos:

Esta herramienta es la más versátil de todas las evaluadas en este informe, ya que integra prestaciones como la adaptabilidad a cualquier cadena de valor, interoperabilidad y código abierto. Otra característica importante que ofrece son los recursos disponibles para su aprendizaje y se incluyen en varios idiomas. No obstante, tiene amenazas críticas como la incertidumbre de su sostenibilidad y la seguridad de información, lo que resulta en que algunos usuarios puedan oponerse a su utilización.

- ♦ **F+O:** tiene prestaciones muy adaptables, por lo que no resultaría difícil aprovechar sus fortalezas para expandirse y atraer nuevos usuarios, lo que generaría que su modelo de negocio crezca y se obtengan alianzas estratégicas que garanticen su sostenibilidad y desarrollo tecnológico.
- ♦ **D+O:** expandir las cadenas productivas y dar seguimiento a productores y cooperativas ayudarían a aumentar el número de usuarios.
- ♦ **F+A:** las capacidades técnicas que ofrece esta herramienta la hacen capaz de adaptarse a los cambios normativos y necesidades de los usuarios, evitando la obsolescencia.
- ♦ **D+A:** actuar sobre la sostenibilidad de la herramienta aumentaría la atracción de usuarios, lo que resulta benéfico para el desarrollo de tecnológico del software.

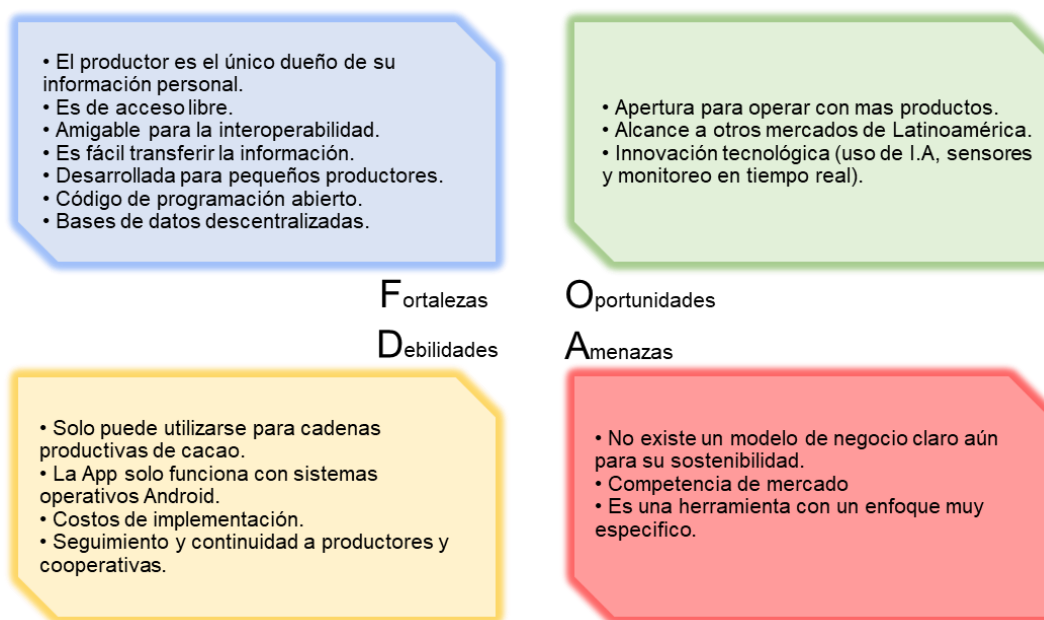


Figura 4. Análisis FODA de la herramienta MICACAO.

Hallazgos:

Los puntos relevantes de esta herramienta son la alta protección de los datos personales de los usuarios, facilidad para la captura de datos y que está diseñada para pequeños productores. Además, cuenta con bases de datos descentralizadas y es de código abierto. Sin embargo, el hecho de que solo funcione para cadenas productivas de cacao hace que su mercado sea muy limitado y tenga competencia. Su modelo de negocio no tiene una sostenibilidad clara.

- ♦ **F+O:** las características relevantes de esta herramienta pueden impulsar el desarrollo tecnológico, con la apertura de otras cadenas productivas para lograr la atracción de nuevos usuarios.
- ♦ **D+O:** expandir las cadenas de valor y dar seguimiento a productores y cooperativas crearía oportunidades para atraer fondos de inversión de aliados estratégicos, útiles para cubrir costos de implementación y desarrollo.
- ♦ **F+A:** las ventajas de accesibilidad pueden utilizarse a favor de garantizar la sostenibilidad de la herramienta.
- ♦ **D+A:** es indispensable encontrar una base certera de sostenibilidad, replanteando el funcionamiento del modelo de negocio.



Figura 5. Análisis FODA de la herramienta SAC TRAZABILIDAD.

Hallazgos:

La herramienta se destaca como la más sostenible y equilibrada, debido a que tiene un mayor soporte económico al ser un software de paga. Su facilidad de uso y aprendizaje, su adaptación a cualquier tipo de proceso, el enfoque de operación global, la seguridad de los datos y seguimiento continuo de los usuarios la convierten en una excelente opción. Como contras se tiene que, al ser una herramienta de paga no todos los productores y cooperativas son capaces de costearla, además de que no cuenta con sistemas de información geográfica, que es uno de los aspectos más importantes para la obtención de polígonos, indispensables dentro de los requerimientos solicitados por la EUDR.

- ♦ **F+O:** la herramienta tiene gran potencial de crecimiento y adaptabilidad, a través del tiempo podría integrar un mayor desarrollo tecnológico, sobre todo en el apartado de las funciones satelitales.
- ♦ **D+O:** integrar sistemas satelitales contrarrestaría su debilidad más grande.
- ♦ **F+A:** mantener una plataforma actualizada y en constante desarrollo, evitaría que los usuarios miren hacia otras opciones.
- ♦ **D+A:** podrían aplicarse suscripciones compartidas o “low cost” para atraer un mayor número de usuarios.

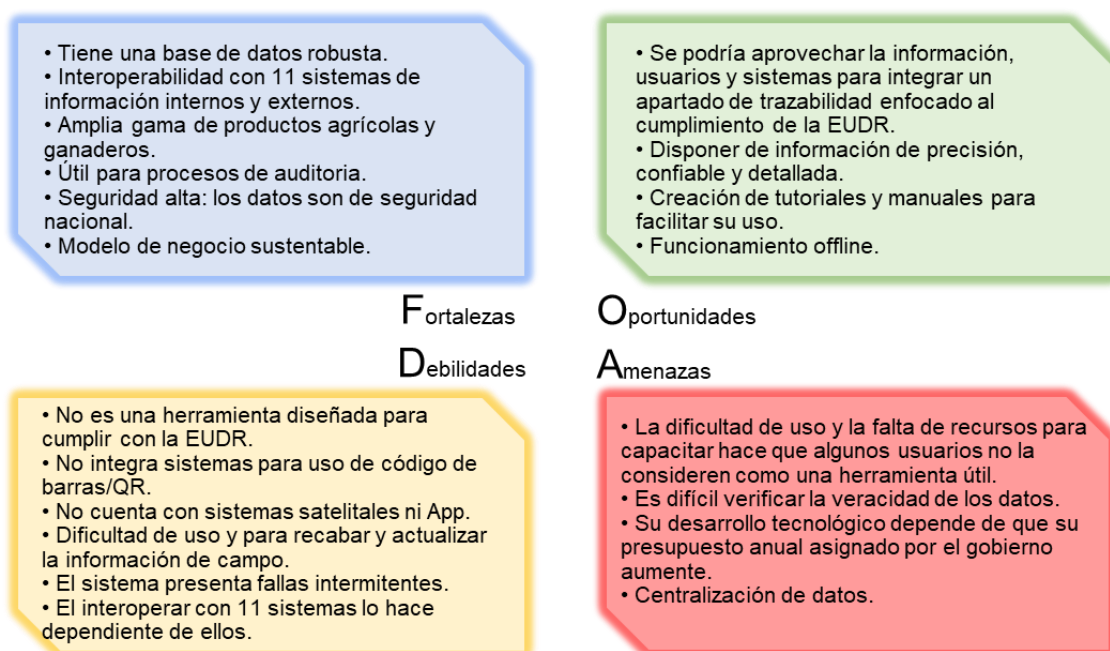


Figura 6. Análisis FODA de la herramienta SITMA.

Hallazgos:

Si bien no es una herramienta desarrollada con el objetivo de cumplir con los requerimientos de la EUDR, su robusta base de datos, sus sistemas de rastreo de agricultura y ganado y su uso como apoyo para el cumplimiento de regulaciones y auditorías, tendría un gran potencial para crear un apartado de trazabilidad para EUDR. Las grandes cantidades de información que maneja pueden ser útiles para la identificación de áreas de oportunidad respecto a la gestión de datos e interfaz.

- ♦ **F+O:** sus prestaciones de seguridad y la robustez de las bases de datos podrían aprovecharse para la apertura de un apartado sobre trazabilidad.
- ♦ **D+O:** diseñar un modelo de desarrollo tecnológico que permita mejorar los sistemas, en aspectos como las interfaces y la interoperabilidad de forma escalonada sería benéfico para contrarrestar las debilidades.
- ♦ **F+A:** Incrementar su difusión e implementar recursos para capacitación y aprendizaje de la herramienta.
- ♦ **D+A:** la verificación y captura de datos tiene muchas áreas que mejorar, puesto que es la única herramienta de este estudio que no cuenta con aplicación móvil, funcionamiento offline, ni uso de código de barras/QR.



Figura 7. Análisis FODA de la herramienta APP TRAZA.

Hallazgos:

Aunque es una herramienta aún en desarrollo, el panorama que se tiene sobre su implementación resulta interesante. Se tiene claro el segmento al cual está dirigido, lo que ayuda a establecer aquellas necesidades requeridas por parte de los usuarios y sus capacidades tecnológicas. Además, puede tomar en cuenta el presente análisis comparativo para integrar aquellos puntos críticos identificados en las otras herramientas que se encuentran en funcionamiento.

- ♦ **F+O:** las consideraciones que tiene la herramienta la convierten en una opción atractiva. Sobre todo, en el sector que requiere mayor inclusión y acercamiento tecnológico.
- ♦ **D+O:** al tener como objetivo un sector específico, sería recomendable adaptar la interfaz a él y hacer esfuerzos para la capacitación de los usuarios.
- ♦ **F+A:** partir de un punto de negociación sobre los beneficios que recibirán los usuarios por la utilización de la herramienta (ej reducción de costos, certificaciones o incentivos) sería útil para justificar el presupuesto ante el gobierno y garantizar su sostenibilidad.
- ♦ **D+A:** respaldar y justificar su uso disminuiría notablemente las amenazas identificadas.

5.3 Brechas de oportunidad identificadas

En Tabla 4 se muestra la integración de las áreas oportunidad segmentadas por cada herramienta, así como recomendaciones puntuales de acuerdo con los análisis previos realizados ilustradas en una matriz.

Tabla 4. Matriz de oportunidades de las herramientas de trazabilidad.

Herramienta	Características positivas	Características negativas	Características semejantes	Recomendaciones
INATRACE	☐ Accesibilidad ☐ Adaptabilidad para cualquier proceso ☐ Enfoque global	☐ Actualmente, funciona para pocas cadenas productivas. Falta desarrollo para incluir más cadenas.	☐ La sustentabilidad del modelo de no esta clara (No aplica para SAC) ☐ La interoperabilidad representa un reto. ☐ Los procedimientos para realizar la trazabilidad en cadenas productivas no están estandarizados.	☐ Mayor difusión y promoción para incrementar el desarrollo participativo que permita incluir nuevas cadenas y funcionalidades.
MICACAO	☐ Seguridad de la información	☐ Limitada únicamente a la cadena productiva del caco	☐ Código abierto (no aplica para SITMA)	☐ Atraer nuevos usuarios ☐ Integrar mas cadenas productivas
SAC	☐ Adaptabilidad para cualquier proceso ☐ Seguridad de la información	☐ No tiene funciones satelitales ☐ No todos los productores podrían costearla	☐ Fácil de utilizar con capacitación (no aplica para SITMA)	☐ Desarrollar la interoperabilidad con sistemas satelitales ☐ Crear un sistema de pago "freemium"
SITMA	☐ Base de datos robusta ☐ Seguridad de la información ☐ Ayuda en el cumplimiento de auditorias	☐ No tiene un apartado con orientación al cumplimiento de la EUDR	☐ No existe seguimiento de la información de los productores (no aplica para SAC) ☐ La captura de datos puede realizarse por medio de una App y en offline (no aplica para SITMA)	☐ Hacer esfuerzos por crear un apartado de trazabilidad para el cumplimiento de la EUDR
APP TRAZA	☐ Parte de muy buenas premisas ☐ Accesibilidad	☐ Se encuentra en desarrollo ☐ Seguridad de los datos		☐ Atraer nuevos usuarios ☐ Realizar pruebas piloto y monitoreo continuo

6. Plan de propuesta de mejora

Existen tres rubros importantes en los cuales se deben enfocar las propuestas de mejora, el primero es la sostenibilidad de los modelos de negocio, el segundo es la interoperabilidad de los sistemas y el tercero es la falta de estandarización en los procedimientos para realizar la trazabilidad en cadenas productivas. A continuación, se explica cómo abordar cada una de las áreas de oportunidad:

6.1 Sostenibilidad del modelo de negocio

Los retos que existen por desarrollar, implementar y operar una herramienta digital son grandes. No obstante, existen estrategias que pueden ejecutarse para lograr modelos de negocio sostenibles.

6.1.1 Segmentación de usuarios

Lo prioritario para un modelo de negocio es establecer los clientes o usuarios ¿a quienes?, ¿a cuántos? Por ello es de suma importancia identificar las características y necesidades que se requieren para el diseño y desarrollo. Así como también es importante mantener y atraer nuevos usuarios para garantizar en gran medida que las herramientas sigan funcionando.

6.1.2 Monetización

La recaudación de fondos es indispensable para que cualquier modelo de negocio funcione y existen diversas formas de hacerlo, por ejemplo:

- ◆ Suscripciones escalonadas: planes de acuerdo al tamaño del productor o cooperativas.
- ◆ Licencias cooperativas: planes grupales para varios productores o cooperativas.
- ◆ Alianzas estratégicas con gobiernos y entidades públicas: para las herramientas que son financiadas con recursos gubernamentales es importante justificar su porqué y los sectores a los que se está apoyando. Por ello, el acercamiento a las entidades públicas debe tener un respaldo en cómo el uso de las herramientas de trazabilidad tendrá un impacto económico benéfico en la población.
- ◆ Incentivos: lograr negociar incentivos económicos por el cumplimiento de las normativas europeas aporta recursos para el mantenimiento de las herramientas digitales. Por ejemplo, deducción de impuestos y aranceles o que un porcentaje de las ganancias recibidas por los productores y cooperativas puedan ser utilizados para mantener los sistemas.

6.1.3 Eficiencia y confiabilidad

- ◆ Infraestructura sostenible: las herramientas digitales dependen de servidores y desarrollo de software, por lo que mantener este aspecto en funcionamiento es vital.
- ◆ Interoperabilidad: que las herramientas hagan uso de metodologías, estándares o protocolos (nacionales/internacionales) que faciliten el intercambio de la información entre sistemas.
- ◆ Base de interoperabilidad: i) gestores de datos (como Exel, SAP, Pages o Google Forms) y ii) sistemas de información geográfica SIG's (como WHISP, Global Forest Watch y Google Earth). Es importante que un software integre estas funciones, para evitar la duplicación de herramientas. También, puede añadirse otras herramientas con características más complejas que incluyan a la I.A o el monitoreo en tiempo real.

6.1.4 Impacto social y accesibilidad

- ◆ Capacitación: ofrecer cursos sobre trazabilidad y la normativa EUDR.
- ◆ Accesibilidad digital: plataformas usables en dispositivos móviles de bajo costo y zonas con conectividad limitada.
- ◆ Inclusión de pequeños productores: opciones gratuitas o subsidiadas para cooperativas de menor tamaño.
- ◆ Código abierto: sin duda esta es una solución efectiva para fomentar y mejorar las herramientas de trazabilidad.

6.1.5 Valor agregado

Modelo de negocio con tecnología sustentable: tener políticas ambientales sobre el origen de las fuentes energéticas y su uso responsable, disminución de huellas ambientales como la de carbono, la huella material o la energética.

6.2 Interoperabilidad

Implementar la interoperabilidad en las herramientas digitales para trazabilidad implica garantizar que distintos sistemas, aplicaciones y actores puedan intercambiar, interpretar y usar datos de manera confiable y estandarizada. En la Tabla 5 se muestran las actividades y los sistemas que se pueden utilizar para cumplir con ellas (Elaboración propia con información de AgGateway, 2022).

Tabla 5. Herramientas para la interoperabilidad.

Actividad	Objetivo	Herramienta/sistema
Mapeo de procesos	Identificar actores clave para el registro de información	PowerPoint, Canva Microsoft Visio y Google Drawing
Registro de información	Documentar la información requerida por la EUDR	Excel, Pages, Google Forms, SAP y aplicaciones móviles específicas de cada software
Geolocalización	Validar la ubicación de los predios de los productores y verificar la no deforestación	Global Forest Watch, WHISP, Google Earth, FAO SEPAL, Mapbox y Leaflet.
Identificación y codificación de lotes	Rastrear la información y movimiento de los productos	GS1, sistema de códigos de barra/QR y ERP SAP

Un área de oportunidad importante para este rubro sería la apertura de sistemas o bases de datos de consulta con una amplia gama de normativas de cumplimiento y certificación, diagramando los puntos clave. Esto resultaría útil para cuando los productores desconozcan los requerimientos y directrices de normativas específicas.

6.3 Estandarización de los procesos de trazabilidad

La estandarización aporta beneficios como mejorar la calidad, reducir costos, aumentar la eficiencia y la seguridad. Además, facilita el comercio, la interoperabilidad entre sistemas y el cumplimiento de normativas. También, permite un mejor manejo de información, aumenta la confiabilidad de los sistemas y crea una base sólida de innovación (ISO, 2005). A continuación, se enlistan recomendaciones:

6.3.1 Mapeo la cadena productiva

- ◆ Identificar todos los actores: productores, acopiadores, transportistas, procesadores, distribuidores.
- ◆ Definir puntos críticos: dónde se produce, transforma, transporta o almacena el producto.
- ◆ Establecer flujos de información y producto: desde la unidad de producto hasta su consumo.

6.3.2 Definir estándares de datos

Establecer qué información debe recolectarse en cada punto, por ejemplo:

- ◆ Ubicación geográfica (coordenadas de parcelas)
- ◆ Identificación del productor/lote/producto
- ◆ Fecha de producción y procesamiento
- ◆ Cantidades producidas o recibidas

Usar estándares internacionales como:

- ◆ GS1 para codificación y escaneo
- ◆ ISO 22005:2007 para trazabilidad en cadenas alimentarias

6.3.3 Digitalizar la captura y el almacenamiento de datos

- ◆ Utilizar herramientas digitales para registro en campo (apps móviles, formularios web offline).
- ◆ Establecer formatos unificados de entrada de datos (por ejemplo, plantillas prediseñadas para cada eslabón).
- ◆ Interoperabilidad con sistemas existentes

6.3.4 Diseñar un sistema único de identificación

- ◆ Codificación por lotes o unidades de producto (códigos QR/Barras).
- ◆ Asignar identificadores únicos para productores, parcelas, unidades de transporte y centros de acopio.

6.3.5 Crear procedimientos operativos estandarizados

Manuales claros para cada eslabón sobre:

- ◆ Qué datos registrar.
- ◆ Cuándo y cómo capturarlos.
- ◆ Qué validaciones deben hacerse.
- ◆ Capacitación continua para todos los actores con guías accesibles y visuales.

6.3.6 Establecer mecanismos de verificación y auditoría

- ◆ Trazabilidad directa (hacia adelante): saber a quién se le entregó el producto.
- ◆ Trazabilidad inversa (hacia atrás): saber de dónde provino cada producto.
- ◆ Controles internos y externos: verificación cruzada, muestreo, GPS o blockchain.

6.3.7 Monitoreo y mejora continua

- ◆ Establecer indicadores como: Compra y ventas, volúmenes de producción, tasas de deforestación y degradación forestal, expansión de tierras de cultivo y tendencias de producción de mercancía.
- ◆ Permitir la retroalimentación de los usuarios del sistema.
- ◆ Ajustar los procesos según resultados, cambios normativos o tecnológicos.

6.3.8 Estrategias de capacitación con enfoque inclusivo

Capacitar a grupos de personas que tienen dificultades para la interacción con la tecnología o difícil acceso a dispositivos electrónicos e internet representa un reto. Sin embargo, existen estrategias que mejorarían el aprendizaje de ese sector.

- ◆ Conocer el contexto inicial: ¿Qué capacidades tecnológicas se tiene?
- ◆ Identificar las necesidades reales: ¿Qué necesidades específicas existen?
- ◆ Enfoque visual y auditivo: utilizar presentaciones con íconos grandes e imágenes, videos o audios.

- ◆ Plataformas adaptadas: asistentes de voz, teclados con accesos rápidos y accesibilidad.
- ◆ Aprendizaje en conjunto: identificar potenciales líderes que ayuden al aprendizaje de los demás.
- ◆ Paciencia y repetición: respetar el ritmo de aprendizaje y generar confianza.
- ◆ Desarrollo de software: interfaces simplificadas y amigables.

6.4 Limitaciones del estudio

- ◆ Heterogeneidad de las herramientas analizadas

Las plataformas evaluadas presentan distintos niveles de madurez tecnológica, escalabilidad y enfoque funcional, lo cual dificulta una comparación perfectamente equitativa. Algunas herramientas están en fase de desarrollo, mientras que otras ya operan en mayor escala.

- ◆ Acceso limitado a información técnica completa

Aunque hubo acceso a la información a través de entrevistas de fuentes primarias, otra parte del estudio se obtuvo de fuentes secundarias (documentación pública, sitios web o informes), ya que no se tuvo acceso total al código fuente, modelos de datos o experiencias completas de implementación.

- ◆ Ausencia de validación empírica

No se realizaron pruebas de campo con usuarios reales o simulaciones operativas, por lo que no se incluyó evidencia sobre desempeño en situaciones reales de uso de conectividad limitada o resistencia al cambio.

- ◆ Enfoque centrado en la herramienta, no en el ecosistema

El análisis se centró en las características técnicas y estratégicas de cada plataforma, sin evaluar profundamente las condiciones de implementación, como infraestructura digital, capacidades institucionales o participación de actores locales.

6.5 Consideraciones para estudios posteriores

- ◆ Creación de alianzas estratégicas para la sostenibilidad de las herramientas digitales

Esto es indispensable si se pretende alcanzar la sostenibilidad a través del tiempo, lo cual se puede lograr con el acercamiento hacia entidades gubernamentales o públicas, cooperativas y productores. Se debe sustentar con un plan de negociación y convencimiento, donde se expongan los principales beneficios e incentivos de hacer trazabilidad en las cadenas productivas.

- ◆ Diseñar metodologías de trazabilidad estandarizadas

De tal forma que puedan ser medibles y verificables, que tengan seguimiento. El monitoreo es parte clave para poder estandarizar los procedimientos. En ese sentido las herramientas de calidad son útiles, ya que permiten el análisis de resultados para la toma de decisiones y mejora continua.

- ◆ Diseñar cursos y material para capacitación

Con diferentes alcances, desde los pequeños y grandes productores, hasta cooperativas, certificadoras y asesores técnicos. El diseño de material de aprendizaje resultaría útil como recurso de enseñanza y capacitación.

- ◆ Invertir en desarrollo de software

Para llegar a esta etapa primero se tiene que tener establecido un modelo de negocio claro y objetivo. Además de tener completo el diagramado de operación y actores clave, a fin de tener claras las funciones de la herramienta, para tener una comunicación efectiva con los desarrolladores de software.

- ◆ Modelos de negocio ambientalmente sostenibles

Resultaría interesante medir el desempeño ambiental de las herramientas de trazabilidad, para conocer cuáles son los impactos ocasionados por su diseño y operación de manera cuantitativa, en función de huellas paramétricas, como la generación de CO₂ o huella de carbono, la huella energética o la huella material, como un valor agregado. Con metodologías como el análisis de ciclo de vida (ACV) normado por las ISO 14040 y 14044.

◆ Contratar personal especializado

Profesionista con capacidades de negociación y convencimiento, elocuente para impartir cursos o capacitaciones en diferentes zonas y públicos. Con experiencia en enseñanza y creación de recursos para el aprendizaje. Con capacidad analítica para la resolución de problemas y otorgar seguimiento a los usuarios. Que maneje una gama de herramientas de trazabilidad y sistemas de interoperabilidad. Que pueda enlazar una red de actores clave y vincular diferentes sectores. Y que además tenga conocimientos sobre herramientas de calidad, monitoreo de procesos, ciencias ambientales y planeación estratégica de proyectos.

7. Conclusiones

Ninguna herramienta es perfecta, cada una tiene diferencias importantes, su idoneidad depende del contexto, el tipo de producto, el perfil del usuario y las exigencias del mercado final. Sin duda los esfuerzos que se están realizando por desarrollarlas e implementarlas es fuerte y representa un gran avance tecnológico. Uno de los retos que se tiene es la adaptabilidad de ellas a los constantes cambios que existen en las legislaciones y redes de comercio. Por lo que respecta a este informe se puede concluir que:

- ◆ Las fortalezas más grandes de las herramientas se basan en prestaciones como la facilidad de uso, funcionamiento offline, código abierto para la escalabilidad y apertura para la interoperabilidad.
- ◆ Las debilidades más fuertes consisten en las limitaciones tecnológicas y presupuesto de para el desarrollo de las herramientas, además de que en la mayoría de las herramientas evaluadas no tiene un modelo de negocio sostenible.
- ◆ Uno de los desafíos más grandes es la obtención de información sobre cómo cumplir con los requisitos solicitados por la normativa EUDR, además de la dificultad para interoperar con sistemas de información geográfica precisos. Estandarizar estos aspectos ayudaría en gran medida al desarrollo de la trazabilidad.
- ◆ La sostenibilidad de las herramientas es un área de oportunidad importante. La negociación, la vinculación con instituciones la creación de métodos de monetización y creación de alianzas son estrategias clave para mejorar en ese aspecto.
- ◆ A pesar de los esfuerzos realizados por quienes diseñan e implementan las herramientas de trazabilidad para ser incluyente con sectores de habilidades y tecnología limitada, se debe reforzar con la generación de recursos de aprendizaje, capacitaciones y seguimiento de los usuarios.
- ◆ Es de suma importancia dar continuidad al proyecto, ya que se tendrían beneficios como la mejora de la productividad, evitar el re trabajo, ahorrar costos e impulsar la trayectoria de las herramientas para enfrentar los cambios en el entorno tecnológico.

8. Guía de implementación para sistemas de trazabilidad

8.1 ¿Qué información se necesita recopilar?

Para mostrarlo de manera gráfica, la Figura 8 muestra los actores clave principales para un sistema de trazabilidad, así como la información que se requiere para el cumplimiento de la EUDR y quienes la deben proporcionar y gestionar (Elaboración propia con información de IICA, 2024).

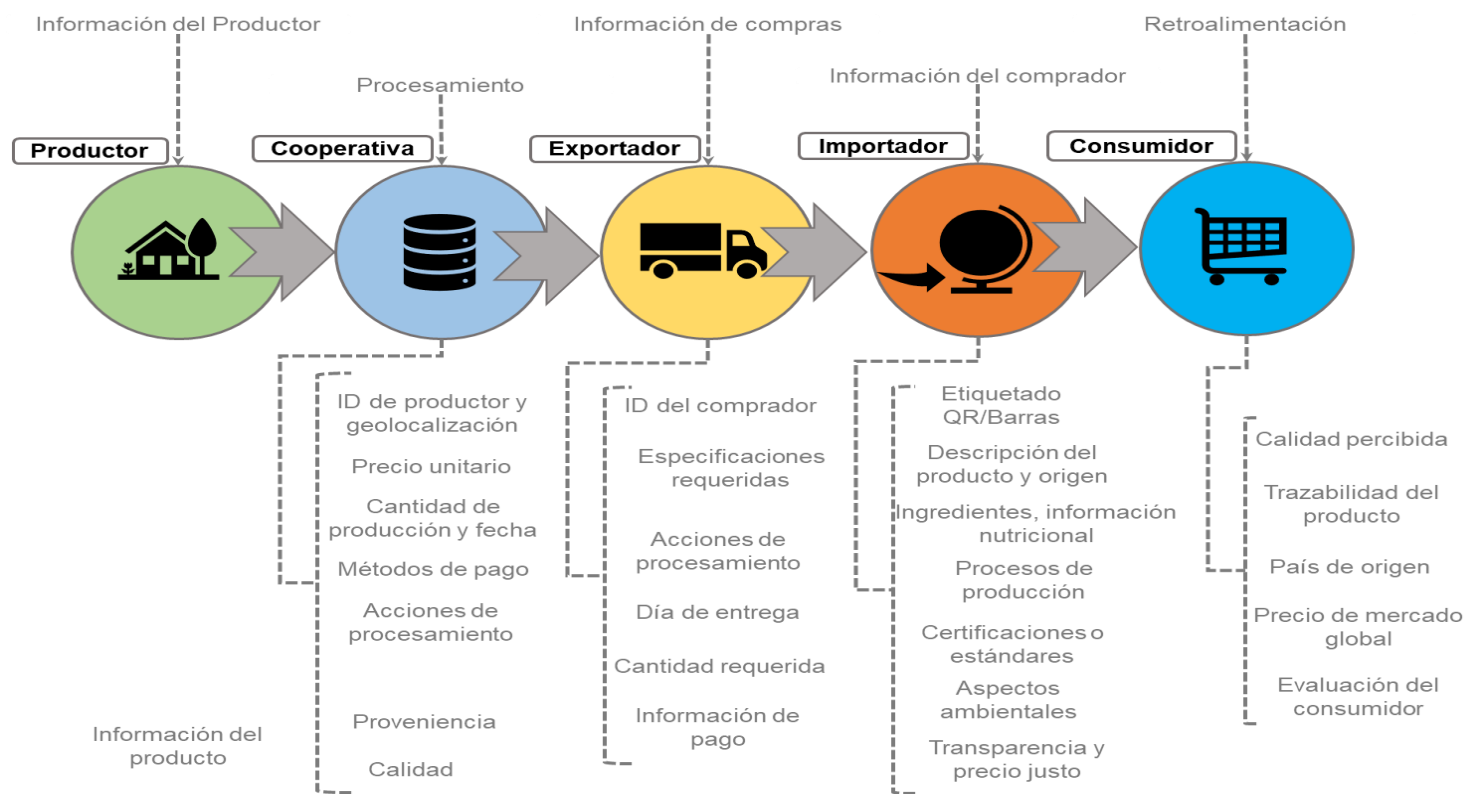


Figura 8. Marco de cumplimiento de la EUDR.

8.1.1 Ejemplo; mapeo de proceso y puntos de recaudación de datos

En la Figura 9 se muestra el caso de la trazabilidad del café, un sistema ya bastante estudiado. El objetivo es ilustrar que, a través del mapeo del proceso es posible establecer las partes interesadas y eso facilita la identificación de puntos de recolección de datos. Es importante mencionar que no existe certeza de quien verifica la libre deforestación y quien certifique el cumplimiento de las regulaciones del país de origen (Elaboración propia con información de Glaros *et al.*, 2023).

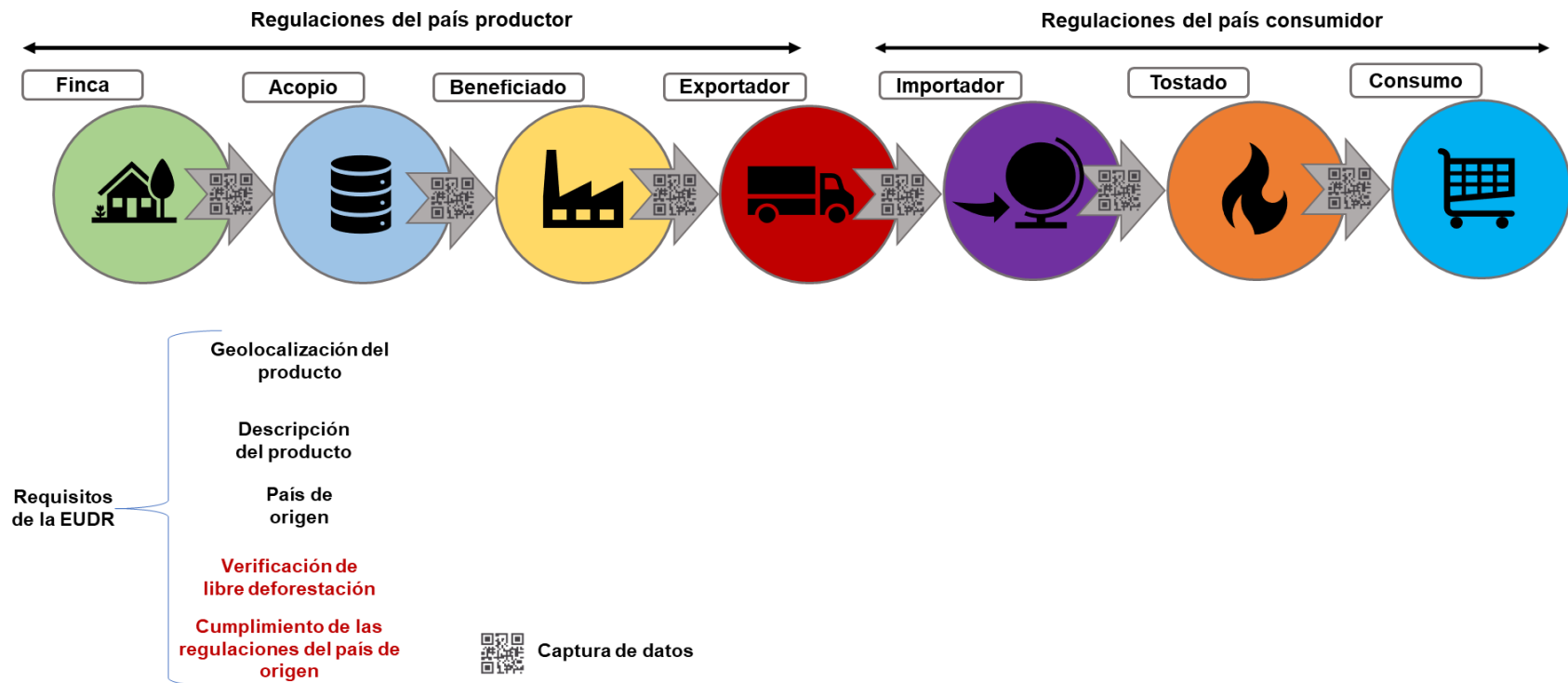


Figura 9. Mapeo de proceso para la cadena productiva del café.

En la Figura 10 se muestra el esquema que debe seguir un usuario para la llevar a cabo la trazabilidad de su producto de forma general. Se enlistan las etapas más importantes del procedimiento.

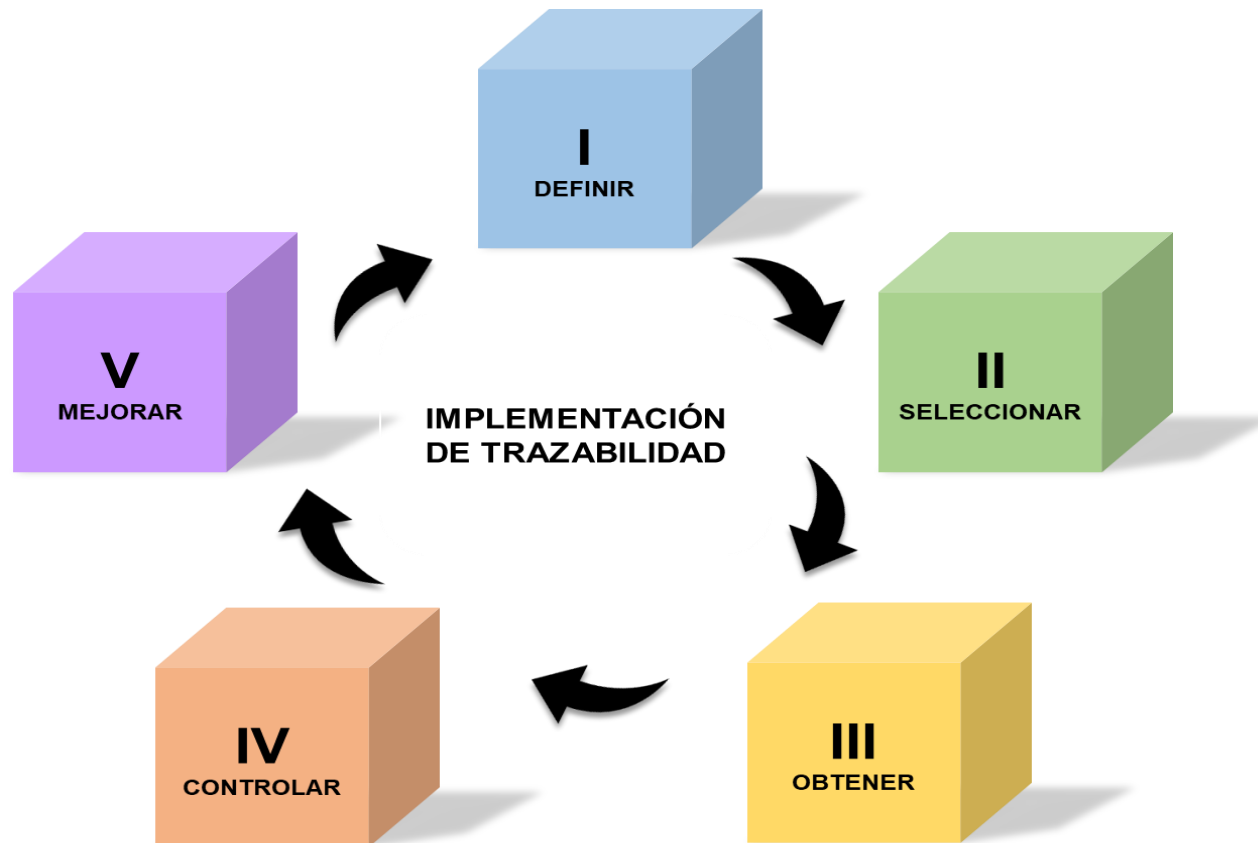


Figura 10. Procedimiento de implementación de trazabilidad.

Una vez que se han visualizado las diferentes etapas a desarrollar, en la Figura 11 se muestra el diagrama de flujo más específico, con las tareas que se deben de realizar por cada paso. Es importante hacer la observación que en la etapa V de mejorar, la línea cortada representa un proceso iterativo, es decir, que el proceso puede volver al principio cuantas veces sea necesario hasta satisfacer las necesidades del usuario.

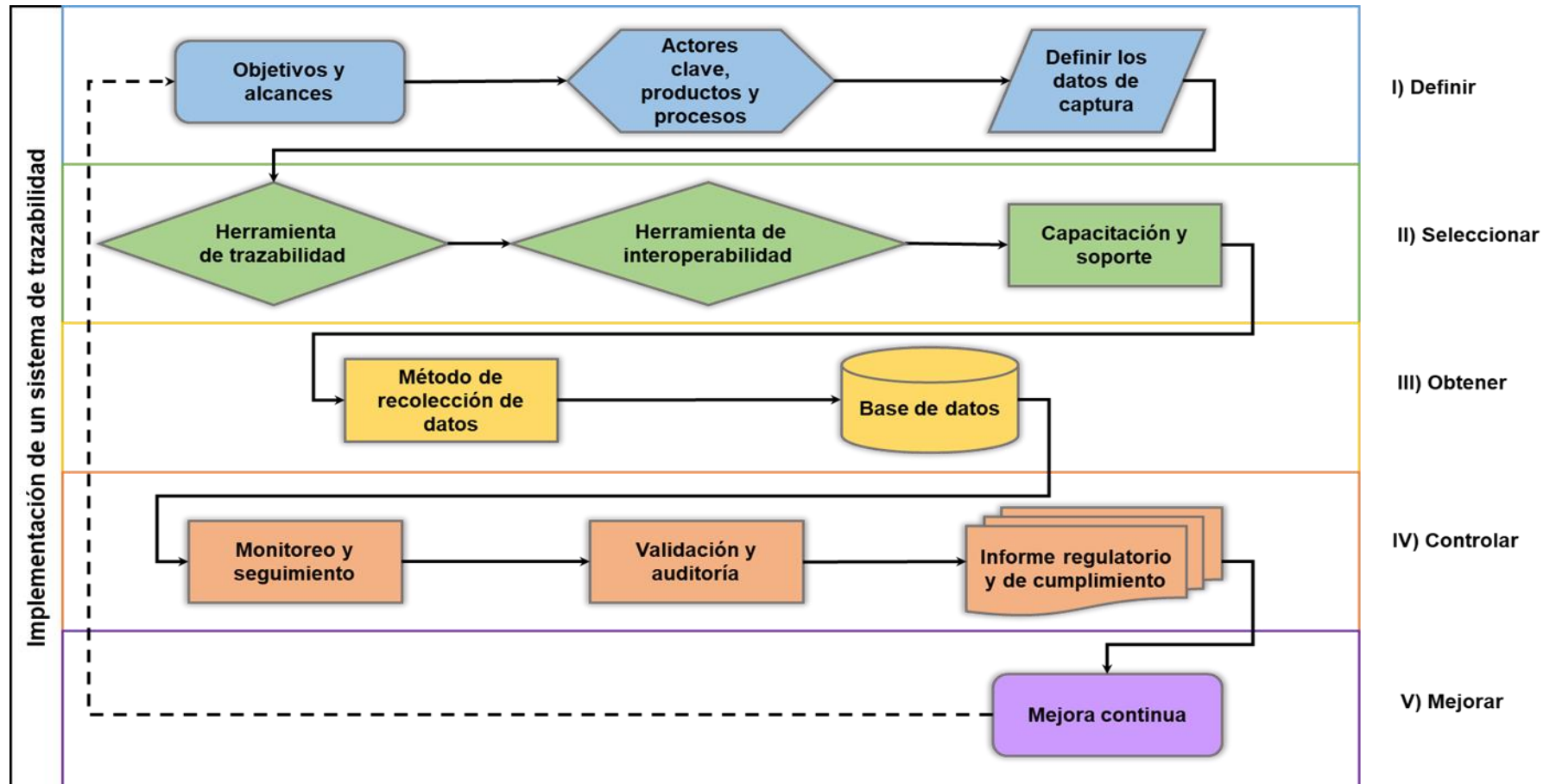


Figura 11. Diagrama de flujo para la implementación de un sistema de trazabilidad.

8.2 Diseño de una herramienta de trazabilidad

El primer paso para el diseño un sistema de trazabilidad es establecer el modelo de negocio. En la Figura 12 se muestra una plantilla con aquellos aspectos importantes de considerar al iniciar el desarrollo de una nueva herramienta o de una ya existente. Es útil como punto de partida y sobre todo para definir el contexto de la herramienta donde se requiera desarrollar (Elaboración propia con información de McGrath, 2010). Una vez establecida la parte anterior, entonces se puede proceder a seguir las recomendaciones directas para el desarrollo del software, como se muestra en la Figura 13.

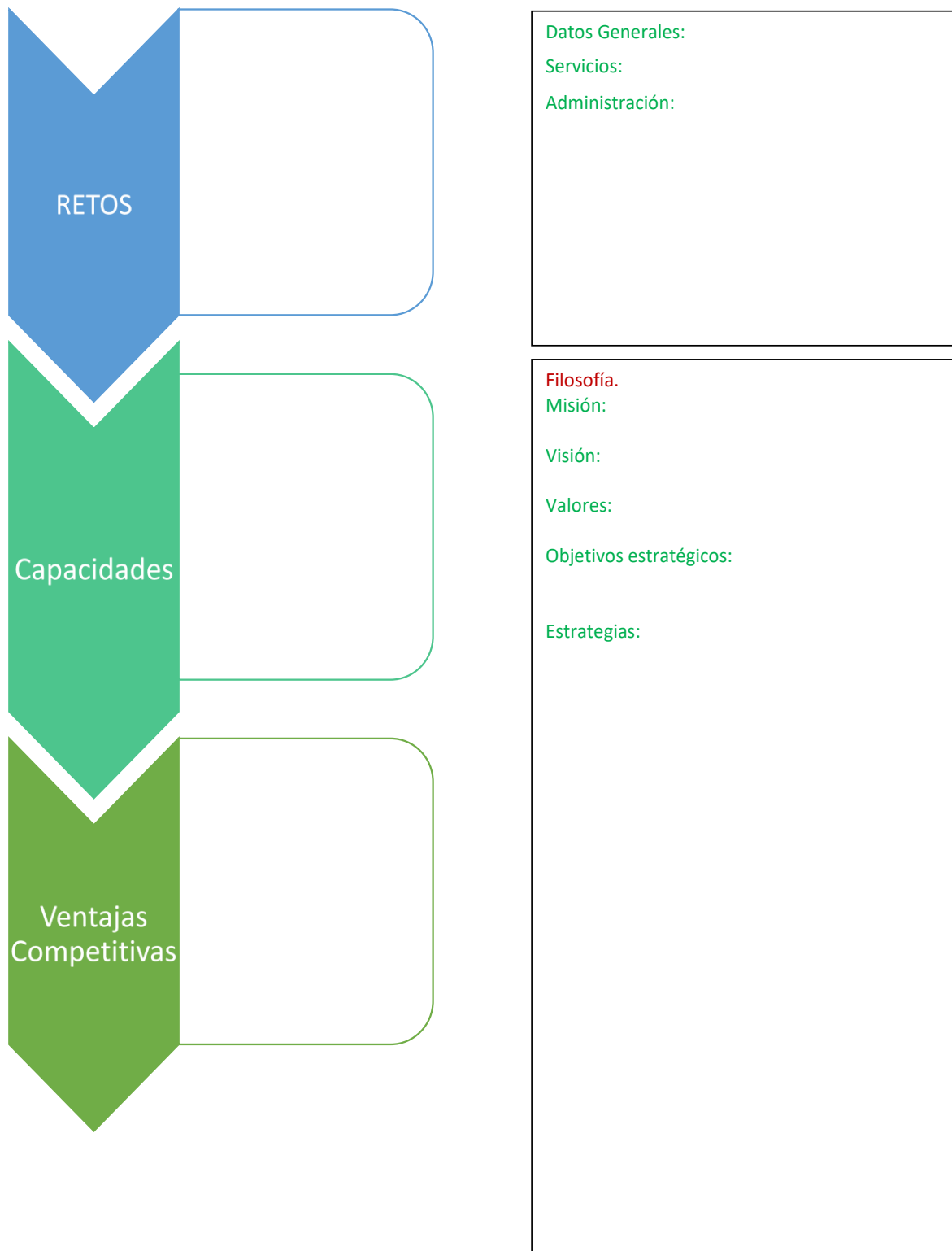


Figura 12. Esquema de un modelo de negocio.

Competidores:

Proveedores:

Representación de:

Proveedores:

Estructura organizacional:

Aliados:

Servicios:

Certificaciones y Mejoras:

Personal:

Escolaridad:

Usuarios:

Internacionales:

Venta:

Renta:

Factores Críticos:

Resultados:

Competitividad:

Sustentabilidad:

Socios tecnológicos:

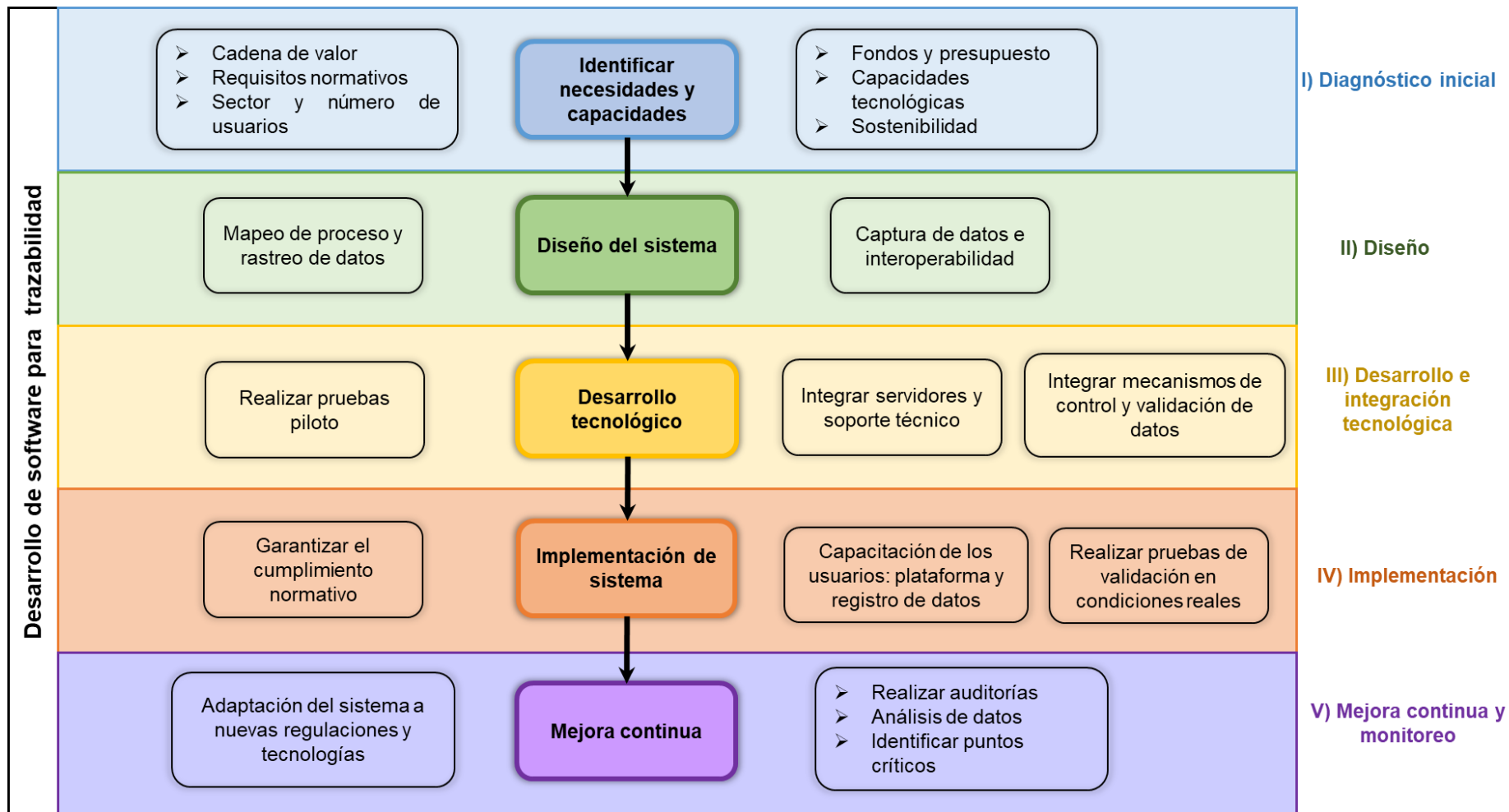


Figura 13. Diagrama de flujo para el desarrollo de software para trazabilidad.

9. Referencias

- AgGateway (2022). Implementing Data Standards for Digital Agriculture: Best Practices for Interoperability. AgGateway Global Network.
- Ayris, K., & Rose, D. (2023). Social and ethical considerations for agricultural robotics. In: van Henten, E. and Edan, Y. (ed.), *Advances in agri-food robotics*, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. (ISBN: 978 1 80146 277 8).
- Cámara de Comercio de Sevilla CCS. (2023). 5 herramientas de seguimiento y trazabilidad para una logística sostenible.
- Cevallos, W. (2021). Exportaciones; café. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 123-130.
- Espresso International (2024). *El Café y su Importancia Económica | Comercio justo*. Consultado de <https://www.espresso-international.es/cafe-y-su-importancia-economica>.
- European Commission (2023). Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (n.d.). Traceability and recalls. [hsafety/food-control-systems/supply-chains-and-consumers/traceability-and-recalls/en/](https://www.fao.org/hsafety/food-control-systems/supply-chains-and-consumers/traceability-and-recalls/en/).
- Glaros, A; Thomas, D; Nost, E; Nelson, E, and SChmillas, T. (2023). Digital technologies in local agri-food systems: Opportunities for a more interoperable digital farmgate sector. *Frontiers in sustainability*.
- Global Traceability Standard [GS1]. (2017, August). Traceability Data and Traceability Systems. GS1.
- Gurel, E., & Tat, M. (2017). SWOT analysis: A theoretical review. *The Journal of International Social Research*, 10(51), 994–1006. <https://doi.org/10.17719/jisr> 2017.
- GTA Ambiental. (2023). Trazabilidad y blockchain: ¿cómo ayudan a la sostenibilidad?

- INA. (n.d.). DIASCA: Interoperability between traceability solutions.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2024). Vínculos entre el Reglamento de productos libres de Deforestación de la Unión Europea (EUDR) y las herramientas de trazabilidad: Una exploración desde el sector cafetalero de Honduras. IICA.
- International Organization for Standardization (ISO). (2005). ISO 22005:2005. Traceability in the feed and food chain - General principles and basic requirements for system design and implementation.
- McGrath, R. G. (2010). Business models: A discovery driven approach. *Long Range Planning*, 43(2–3), 247–261.
- Rfxcel. (2021). Los sistemas de trazabilidad de la cadena de suministro mejoran su eficiencia y transparencia.
- Rebound EU. (2022). ¿Qué es la trazabilidad de la cadena de suministro y por qué es importante?
- Rotz, S., Gravely, E., Mosby, I., Duncan, E., Finnis, E., Horgan, M., ... & Pant, L. (2019). Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities. *Journal of Rural Studies*, 68, 112-122.

