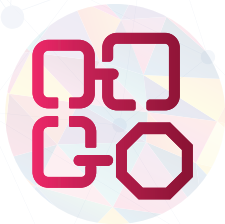


CAPÍTULO V

BLOCKCHAIN: GESTIÓN GUBERNAMENTAL Y REDUCCIÓN DEL FRAUDE



Alan Yair Enríquez Garibay
Manuel Suárez Gutiérrez

CAPÍTULO V

BLOCKCHAIN: GESTIÓN GUBERNAMENTAL Y REDUCCIÓN DEL FRAUDE

Alan Yair Enríquez Garibay*
Manuel Suárez Gutiérrez**

SUMARIO: I. Introducción; 1.1 Enfoque metodológico del capítulo; II. Análisis del ecosistema de la administración pública agraria en Veracruz; III. Fundamentos de la tecnología blockchain y su aplicación en el sector público; 3.1 Creación de la cadena de bloque (blockchain); 3.2 Smart contracts (contratos inteligentes); 3.3 Blockchain en el sector público; IV. Proyección y propuesta de un sistema blockchain en la SEDATU/SEDARTE: implicaciones y beneficios; 4.1 Modernización de la profesionalización a través de las Tecnologías de Información (TI); 4.1.1 Redefinición de competencias y formación especializada; 4.1.2 La TI como pilar del desarrollo institucional; 4.2 Las TI aplicadas al gobierno: hacia la gobernanza digital; 4.2.1 TI como garantía de confianza y transparencia; 4.2.2 Impacto en la relación ciudadano-gobierno; 4.3 Visión general del sistema propuesto; 4.4 Componentes y funcionamiento básico; 4.5 Beneficios esperados; 4.6 Retos para su implementación; 4.7 Proyección a futuro; 4.8 Aporte científico del capítulo; V. Conclusiones; VI. Lista de fuentes.

I. Introducción

En México, las secretarías federales dependen directamente del Poder Ejecutivo y están encargadas de la aplicación de leyes nacionales y a la coordinación de programas en todo el territorio. A nivel estatal, como sucede en Veracruz, las secretarías están centralizadas y cumplen funciones equivalentes con el nivel federal con un enfoque local; asimismo, adaptan las políticas públicas a las necesidades de la población del estado. Estas instituciones son responsables de administrar recursos, garantizar la transparencia en la administración pública y atender sectores estratégicos como el agrario, el territorial y el

* Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos por la Universidad Veracruzana. Correo electrónico: alanyaireg@gmail.com

** Doctor en Ingeniería en Tecnologías Emergentes y académico del Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales (IISES) de la Universidad Veracruzana. Correo electrónico: mansuarez@uv.mx

ambiental. Esto las convierte en actores importantes para la innovación tecnológica en la administración pública.

En primer lugar, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) es una dependencia del gobierno federal que se encarga de organizar y coordinar las políticas relacionadas con la tierra, el territorio y el desarrollo de las ciudades en México. Su labor principal es impulsar un crecimiento ordenado y sustentable de las comunidades, cuidando que haya un equilibrio entre lo urbano y lo rural.

La Secretaría de Desarrollo Agrario, Rural y Territorial del Estado de Veracruz (SEDARTE), cumple funciones semejantes a la SEDATU federal, pero con un enfoque directo en los productores veracruzanos y los conflictos de tenencia de la tierra en el estado, esto debido a que es una dependencia centralizada que tiene como función principal la atención de los asuntos relacionados con la tenencia de la tierra, la regularización de la propiedad rural, el ordenamiento territorial y el desarrollo agrario. Su papel es estratégico, pues se trata de una institución que administra información sensible vinculada a ejidos, comunidades y productores del campo, lo que la convierte en un organismo con gran potencial para la aplicación de tecnologías innovadoras como el blockchain, que pueden garantizar transparencia, seguridad y trazabilidad en sus procesos administrativos.

En este sentido, el marco jurídico que regula la actividad agraria y agrícola en México ofrece un soporte para vincular a SEDARTE con proyectos tecnológicos. La Ley de Desarrollo Rural Sustentable establece lineamientos para mejorar la productividad del campo y la organización de los productores, por lo que la incorporación de *blockchain* fortalecería los registros confiables de apoyos y beneficiarios (Congreso de la Unión, 2001). De igual manera, la Ley de Productos Orgánicos regula los procesos de certificación de productos como el café, donde una plataforma segura y descentralizada permitiría dar certeza al consumidor sobre la autenticidad de las certificaciones (Congreso de la Unión, 2006).

Por otra parte, la Ley de Desarrollo Agrario tiene relación directa con los registros de propiedad y regularización de tierras, que son áreas susceptibles a conflictos legales y fraudes; en este ámbito, blockchain

garantizaría documentos digitales inalterables y con validez pública (Congreso de la Unión, 1992). Finalmente, la Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz dirige políticas públicas para fortalecer cultivos estratégicos, entre ellos el café; en este marco, una plataforma digital segura facilitaría el control de apoyos y la correcta asignación de recursos a los productores (Congreso del Estado de Veracruz, 2010).

De esta forma, tanto la SEDARTE como estas cuatro leyes ofrecen un campo fértil para demostrar la relevancia de aplicar tecnologías emergentes en la administración pública, donde el blockchain y la ciberseguridad representan no sólo innovación: también implican la posibilidad de recuperar la confianza ciudadana en los procesos relacionados con el desarrollo agrario y agrícola en Veracruz.

La relevancia científica radica en proponer una solución tecnológica, *blockchain*, para generar registros inmutables, accesibles y auditables en áreas críticas como:

- Registros de propiedad y regularización de tierras (Ley de Desarrollo Agrario), donde blockchain crearía documentos digitales inalterables para prevenir fraudes y conflictos legales; y
- Asignación de apoyos y subsidios rurales (Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz), donde una plataforma digital segura facilitaría el control y la correcta asignación de recursos a productores, por ejemplo, de café.

Este tema aborda un desafío global: cómo las tecnologías emergentes pueden reducir la discrecionalidad, optimizar la administración de recursos y recuperar la confianza ciudadana en los procesos gubernamentales.

1.1 Enfoque metodológico del capítulo

Este capítulo se desarrolla bajo un enfoque analítico–propositivo, basado en tres niveles metodológicos integrados: (1) análisis documental del marco jurídico y normativo que rige la administración agraria; (2) análisis

institucional del funcionamiento de la SEDATU y la SEDARTE en Veracruz; y (3) modelación conceptual de un caso de uso tecnológico mediante *blockchain*.

Esta estructura permite pasar de la descripción del problema (fraude, opacidad y fragmentación de registros), a la identificación de causas institucionales, y finalmente a la construcción de una propuesta tecnológica fundamentada jurídicamente.

II. Análisis del ecosistema de la administración pública agraria en Veracruz

El entorno actual de la SEDATU en Veracruz y su contraparte estatal, la SEDARTE, refleja un panorama de gran complejidad institucional. Ambas dependencias se encuentran en el centro de procesos vinculados a la tenencia de la tierra, la regularización de asentamientos, la planeación urbana y el apoyo a productores del campo. Estos procesos, aunque estratégicos para el desarrollo del estado, también concentran vulnerabilidades relacionadas con la opacidad administrativa, el uso discrecional de recursos y la corrupción en trámites agrarios y de vivienda, lo que abre una ventana para explorar tecnologías emergentes como *blockchain*; la cual representa un registro de todas las transacciones que se van realizando y contiene toda la información que se ha registrado desde la creación de la misma, en la administración pública (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2024^a).

En el caso de SEDATU, los últimos avances normativos, como la NOM-005-SEDATU-2024 para homologar programas municipales de ordenamiento territorial, o el Programa de Mejoramiento Urbano (PMU), buscan reducir la discrecionalidad en el uso del suelo y transparentar la inversión en infraestructura (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2024^a y 2024b). Sin embargo, en Veracruz, los municipios enfrentan carencias técnicas y falta de trazabilidad presupuestaria, lo que debilita la capacidad de monitorear los resultados de estas políticas (Gobierno de Veracruz, 2021). Aquí, una plataforma *blockchain* podría aportar valor al generar registros inalterables de proyectos, presupuestos y beneficiarios, lo que limitaría los espacios para fraudes o desvíos de recursos.

Por otro lado, SEDARTE Veracruz administra información sensible sobre ejidos, comunidades y pequeños productores, áreas históricamente asociadas con conflictos de tenencia de tierra y litigios prolongados. Estos procesos suelen estar plagados de trámites burocráticos, archivos desactualizados y riesgo de manipulación de documentos (Congreso de la Unión, 1992). En este sentido, blockchain permitiría garantizar registros agrarios inmutables, accesibles y auditables, asegurando la transparencia en la regularización y reduciendo las posibilidades de falsificación de títulos de propiedad o duplicidad de beneficiarios.

Asimismo, las políticas públicas estatales, como la Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz (Congreso del Estado de Veracruz, 2010), ofrecen un marco donde el rastreo digital puede reforzar la confianza en el destino de los apoyos. Por ejemplo, en el cultivo de café, uno de los más estratégicos del estado, un sistema descentralizado permitiría verificar en tiempo real la correcta asignación de subsidios, la certificación de prácticas orgánicas y la ruta de comercialización, cerrando espacios para intermediarios fraudulentos.

No obstante, los desafíos actuales de estas dependencias para implementar tecnologías de este tipo no son menores. Entre ellos destacan la resistencia burocrática al cambio, la limitada alfabetización digital en comunidades rurales, y la falta de infraestructura tecnológica que permita integrar blockchain en registros catastrales o agrarios (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2023). Además, la coordinación interinstitucional sigue siendo débil, especialmente en regiones metropolitanas como Xalapa o Veracruz–Boca del Río, donde la planeación urbana hace necesario el trabajo coordinado entre municipios (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2024^a).

El entorno institucional de SEDATU y SEDARTE en Veracruz combina avances normativos con rezagos estructurales, ya que sus procesos, que hoy operan con vulnerabilidades claras al fraude, pueden transformarse en laboratorios de innovación si se logra insertar blockchain como herramienta de administración, más que una moda tecnológica, blockchain podría convertirse en un garante de confianza y

trazabilidad en la política agraria y urbana, fortaleciendo la transparencia gubernamental y reduciendo las prácticas fraudulentas.

Por lo tanto, el aporte principal es la proyección y propuesta específica de un sistema blockchain en la SEDATU/SEDARTE de Veracruz. Si bien el uso de blockchain en el sector público no es un concepto totalmente nuevo, la originalidad reside en:

- La aplicación contextualizada al marco jurídico agrario y agrícola mexicano: Se vincula explícitamente la tecnología con leyes específicas como la Ley de Desarrollo Agrario, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, la Ley de Productos Orgánicos, y la Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz;
- La identificación precisa de casos de uso: Se detalla la solución mediante smart contracts para la automatización de pagos de apoyos/subsidios al verificar el cumplimiento de cláusulas predefinidas, y el uso del “libro mayor” inmutable para la tenencia de la tierra; y
- El diagnóstico de desafíos locales: Se reconocen los rezagos estructurales específicos, como la resistencia burocrática, la limitada alfabetización digital en comunidades rurales y la falta de infraestructura tecnológica en Veracruz.

Este análisis trasciende el nivel teórico al describir cómo los procesos con vulnerabilidades claras al fraude pueden transformarse en “laboratorios de innovación” al considerar el blockchain como una herramienta.

III. Fundamentos de la tecnología blockchain y su aplicación en el sector público

Para comenzar, se realizó una búsqueda exhaustiva de fuentes especializadas relacionadas con los fundamentos conceptuales y técnicos de la tecnología blockchain. El proceso incluyó la consulta de literatura científica, documentos técnicos y marcos normativos nacionales, con el propósito de identificar textos primarios que definieran la estructura, funcionamiento y alcances de esta tecnología. Entre ellos destacan el whitepaper de Satoshi Nakamoto (2008), las definiciones

teóricas de Ortega (2024) y Preukschat (2017), así como los trabajos de Christidis y Devetsikiotis (2016) sobre smart contracts, complementados con referencias legales y políticas públicas emitidas por la SEDATU y por diversas leyes federales y estatales.

El desarrollo de la tecnología blockchain se remonta a 2008, con la publicación del documento Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System de Satoshi Nakamoto. En este texto fundacional se propone un sistema de pagos electrónicos descentralizado, sin intermediarios, capaz de garantizar la seguridad y el rastreo de las transacciones mediante criptografía. A partir de esta idea se consolidó un modelo tecnológico que combina matemáticas, redes distribuidas y protocolos de consenso para registrar operaciones en una cadena de bloques inalterable.

La distinción entre Bitcoin y bitcoin es importante: el primero alude al protocolo y a la red que lo soporta, mientras que el segundo representa la unidad de valor que circula en esa infraestructura, divisible hasta en ocho decimales (0.00000001 BTC). Cada operación se registra en un bloque que conserva información de la transacción, un sello temporal y el vínculo con el bloque previo, conformando así una secuencia de datos verificables por miles de nodos distribuidos en todo el mundo (Ortega, 2024).

De manera general, una cadena de bloques puede entenderse como una base de datos descentralizada, compartida entre múltiples participantes y estructurada como un libro contable digital. En este registro, cada transacción se valida por consenso entre los nodos de la red y, una vez añadida, se cifra mediante algoritmos hash, garantizando su inmutabilidad (Ortega, 2024; Preukschat, 2017). Como explica Preukschat (2017), la fortaleza del sistema radica precisamente en su consenso distribuido, pues “es el fundamento que permite que todos los participantes puedan confiar en la información que se encuentra grabada en ella” (p. 14).

A efectos comparativos, puede imaginarse blockchain como una hoja de cálculo compartida, es decir, una base de datos colaborativa, en la que cada nueva entrada genera un código único (hash) que enlaza con el registro anterior. Este encadenamiento crea una línea temporal de datos imposible de alterar sin invalidar la totalidad de la cadena.

Según Ortega (2024), las redes que sustentan estas cadenas de bloques pueden clasificarse en tres grandes tipos:

- Redes públicas, completamente descentralizadas, en las que los nodos gestionan y almacenan la información sin intermediarios;
- Redes privadas, que dependen de un servidor central encargado de la administración de recursos y la validación de transacciones; y
- Redes híbridas, que combinan ambos enfoques, permitiendo la descentralización parcial bajo la coordinación de un nodo central.

En el sector público, la aplicación de blockchain se asocia con el registro seguro y transparente de datos administrativos, financieros o de propiedad, bajo marcos legales específicos. En México, destacan referencias normativas como la Ley Agraria, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, la Ley de Productos Orgánicos y la Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz, además de lineamientos y documentos técnicos emitidos por la SEDATU. Estos marcos normativos abren la posibilidad de utilizar la tecnología como auxiliar de la gestión de información en procesos institucionales, fortaleciendo la confianza y la rendición de cuentas.

3.1 Creación de la cadena de bloque (blockchain)

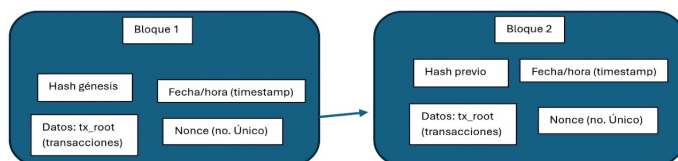
Los sistemas de blockchain se utilizan para dar seguimiento a un libro mayor compartido llamado shared ledger el cual se puede definir como una base de datos distribuida y sincronizada que registra todas las transacciones (por ejemplo, registro de datos para la realización de cédulas catastrales o escrituras) dentro de una red blockchain, se llama “compartido” porque todos los participantes de la red tienen una copia idéntica y actualizada de ese registro.

El contenido del libro mayor no se cambia modificando un bloque existente: se añaden nuevos bloques a la cadena de bloque a través de lo que se denomina como transacciones, como se indica en la Figura 10. Una vez que se completa un conjunto válido de transacciones, se colocan en el contenido de un bloque, y luego este bloque se coloca al final de la cadena.

Figura 10.

Ejemplificación de la función de una cadena de bloque (blockchain)

Diagrama 1. Ejemplificación de la función de una cadena de bloque (blockchain).



Fuente: elaboración propia con datos de (Nakamoto, 2008)

3.2 Smart contracts (contratos inteligentes)

Los smart contracts son contratos (programas) autoejecutables que se activan automáticamente en una red blockchain cuando se cumplen condiciones predefinidas, eliminando la necesidad de intermediarios y reduciendo los errores humanos (Christidis y Devetsikiotis, 2016). Esta automatización es importante en la cadena de suministro cafetalera, donde los errores manuales y la falta de coordinación entre actores pueden generar pérdidas significativas. Al integrar smart contracts, las organizaciones pueden optimizar las transacciones y reducir los tiempos de entrega y los costos operativos (Saberí et al., 2019).

Se podrían utilizar en transacciones que requieran un acuerdo registrado entre partes, como, por ejemplo, la contratación de productos financieros o de seguros, los depósitos en garantía, las operaciones de compraventa de instrumentos financieros en los mercados bursátiles, ejecución de pagos obra pública, pagos a proveedores entre otros.

Los contratos inteligentes permiten la automatización de pagos y financiamiento en la cadena de suministro, mejorando la liquidez y reduciendo los riesgos (Kamilaris, Fonts y Prenafeta-Boldú, 2019).

3.3 Blockchain en el sector público

Se identificó que la implementación del protocolo blockchain en el ámbito público es una de las líneas de innovación más prometedoras dentro de los modelos de gobierno digital. En el caso del sector agrario, la literatura y los informes técnicos consultados evidencian que esta tecnología puede integrarse como una herramienta para fortalecer la transparencia,

el rastreo y la rendición de cuentas en la administración de recursos públicos.

Desde esta perspectiva, la tecnología blockchain se perfila como una estrategia transformadora para la SEDARTE, al ofrecer un marco operativo capaz de optimizar los procesos de administración mediante principios de transparencia, seguridad criptográfica y eficiencia operativa. De esta manera, diseñar un protocolo de cadena de bloques adaptado a la administración agraria haría posible construir una estructura administrativa más confiable y resistente a prácticas discrecionales.

Un caso de aplicación inmediata se encuentra en la administración de apoyos y subsidios rurales. A través de contratos inteligentes (smart contracts), la liberación de fondos para proyectos productivos o de infraestructura podría automatizarse, ejecutándose únicamente cuando se verifiquen digitalmente las condiciones establecidas. Este mecanismo reduciría el riesgo de fraude, acortaría los tiempos burocráticos y garantizaría que los recursos lleguen directamente a ejidatarios y comuneros, cumpliendo con criterios de equidad y trazabilidad.

Asimismo, en el ámbito del ordenamiento territorial, la tecnología blockchain permitiría crear un registro digital inmutable de la tenencia de la tierra, que documente transacciones, títulos y regularizaciones de uso de suelo. Este “libro mayor” fortalecería la certeza jurídica de los expedientes agrarios, facilitaría las auditorías en obras públicas y contribuiría a prevenir conflictos por propiedad o duplicidad de registros. No obstante, su implementación requeriría atender desafíos concretos como la limitada conectividad en zonas rurales y la necesidad de marcos legales que reconozcan la validez plena de los registros y contratos digitales.

En el plano metodológico, la investigación se desarrolla como un estudio de carácter analítico y propositivo, sustentado en la revisión documental y el análisis contextual. La metodología se estructura en tres ejes:

- **Análisis del ecosistema:** examen de la administración pública agraria en Veracruz y de los principales retos institucionales de la SEDATU/ SEDARTE.

- **Análisis normativo:** identificación de la relación entre el marco jurídico agrario (Ley Agraria; Ley de Desarrollo Rural Sustentable; Ley de Productos Orgánicos; y la Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz) y las capacidades de blockchain para mitigar vulnerabilidades estructurales.
- **Proyección de caso de uso:** desarrollo de una propuesta de sistema basada en blockchain, destacando sus implicaciones técnicas, beneficios y límites en la administración pública.

La secuencia argumentativa del trabajo se sostiene en una lógica clara: problema (vulnerabilidad al fraude en la administración agraria), contexto (marco jurídico y estructura institucional), solución tecnológica (blockchain y smart contracts), propuesta (caso de uso en el sector público) y conclusión. Esta estructura, combinada con una metodología documental y de análisis crítico, es pertinente para una investigación propositiva que busca sentar las bases de un modelo de aplicación tecnológica en la administración pública.

IV. Proyección y propuesta de un sistema blockchain en la SEDATU/ SEDARTE: implicaciones y beneficios

La proyección de un sistema basado en tecnología blockchain dentro de la SEDATU y su contraparte estatal, la SEDARTE, representa una oportunidad real para transformar la manera en que se administran los recursos públicos, los registros de propiedad y la administración agraria. Este tipo de innovación tecnológica no sólo busca digitalizar los procesos: también fortalece la confianza ciudadana, mejora la eficiencia institucional y reduce los espacios donde históricamente se han presentado irregularidades.

4.1 Modernización de la profesionalización a través de las Tecnologías de Información (TI)

La adopción de tecnologías transformadoras como blockchain en la administración pública, particularmente en instituciones como la

SEDATU y SEDARTE, implica una necesaria modernización en la profesionalización del capital humano, y esta modernización no se limita a la adquisición de nueva infraestructura tecnológica: hace necesaria una redefinición de roles y competencias, esto, con la finalidad de realizar la inserción de las TI en los procesos de desarrollo agrario y territorial, para que funcionen como un catalizador de la mejora continua y la especialización del personal.

4.1.1 Redefinición de competencias y formación especializada

La implementación de un sistema basado en blockchain implica mucho más que la adopción de una herramienta tecnológica: supone una reconfiguración de las capacidades institucionales y una nueva cultura organizacional en el sector público. En este sentido, la SEDARTE/ SEDATU enfrenta el reto de transitar de la alfabetización digital básica hacia un modelo de formación avanzada en gestión de datos, trazabilidad y automatización de procesos.

El personal operativo y directivo requerirá capacitación específica en tres dimensiones de relevancia:

- Gestión de datos descentralizados. Entender el funcionamiento del “libro mayor” inmutable, sus mecanismos de validación y su relevancia en la garantía de la certeza jurídica de los registros de propiedad;
- Auditoría digital y trazabilidad. Desarrollar competencias para revisar registros distribuidos, identificar patrones de flujo de recursos y generar informes automáticos de transparencia y rendición de cuentas; y
- Diseño y programación de smart contracts. Entender la lógica de los contratos inteligentes y su potencial para automatizar procesos de asignación de apoyos y subsidios rurales bajo reglas verificables.

Esta redefinición de competencias no sólo responde a una necesidad técnica: también se basa en una estrategia institucional de modernización. Al dotar al personal de herramientas conceptuales y operativas, se contribuye a disminuir la resistencia burocrática al cambio, favoreciendo una cultura basada en la eficiencia, la innovación

y la confianza en la tecnología como aliada de la administración pública.

Además, la profesionalización deberá acompañarse de mecanismos de certificación y actualización continua, impulsados desde la propia administración pública o en alianza con instituciones de educación superior. Estos procesos formativos deberían incorporar contenidos sobre ética digital, protección de datos, interoperabilidad y gobernanza de redes distribuidas, garantizando que la adopción tecnológica se mantenga alineada con principios de integridad y servicio público.

Una verdadera transformación digital requiere no sólo formar técnicos, pues también necesita de líderes públicos capaces de interpretar el alcance estratégico de la tecnología. Esto implica integrar equipos interdisciplinarios (jurídicos, tecnológicos y administrativos) que traduzcan el potencial del blockchain en políticas sostenibles y modelos de administración para los ciudadanos.

4.1.2 La TI como pilar del desarrollo institucional

La incorporación de tecnologías de la información (TI) robustas y transparentes, entre ellas la blockchain, se consolida como una de las bases del desarrollo institucional contemporáneo. En el contexto veracruzano, su adopción no sólo nace de la necesidad de modernizar procesos administrativos: se debe también a la búsqueda de cambio en la relación entre el Estado, sus funcionarios y la ciudadanía, bajo principios de apertura, trazabilidad y confianza digital.

En primer lugar, la aplicación de estas tecnologías contribuye a fomentar la inclusión digital. Al capacitar al personal público en el uso de sistemas distribuidos y herramientas avanzadas, se favorece la transferencia de conocimiento hacia las comunidades rurales y los productores, fortaleciendo su participación informada en la administración de recursos y programas. Esta apropiación tecnológica genera un efecto multiplicador: funcionarios mejor preparados pueden convertirse en agentes de alfabetización digital y promotores de desarrollo local.

Por otro lado, la voluntad política y normativa se ve reforzada a través de la profesionalización técnica del personal. Los cuadros formados con visión de futuro son capaces de articular de manera más coherente las

políticas interinstitucionales y de proponer adecuaciones legales que respalden el uso de registros digitales y contratos inteligentes como instrumentos con validez jurídica plena. Este proceso demanda una mejor legislación, sensible a la innovación tecnológica, y que se ocupe de garantizar la interoperabilidad, la seguridad y la integridad de los datos públicos.

En conclusión, la modernización institucional impulsada por las TI no se limita a la digitalización de trámites: también transforma el paradigma de administración pública. La tecnología deja de ser un medio accesorio para convertirse en infraestructura estratégica, capaz de traducir los principios de transparencia, seguridad y eficiencia en prácticas cotidianas. Bajo este enfoque, los espacios tradicionalmente vulnerables al fraude o la opacidad pueden convertirse en verdaderos laboratorios de innovación pública, donde la tecnología actúe como garante de confianza y motor de desarrollo.

4.2 Las TI aplicadas al gobierno: hacia la gobernanza digital

La integración de las Tecnologías de la Información (TI) en el sector público, más allá de la simple digitalización de trámites, representa un cambio paradigmático hacia la gobernanza digital, en el contexto de la administración agraria y territorial en Veracruz, la tecnología blockchain es el ejemplo más claro de una TI aplicada al gobierno con el potencial de redefinir la relación entre la SEDATU, la SEDARTE y la ciudadanía.

Definición operativa de gobernanza digital e interoperabilidad

En este trabajo, gobernanza digital se entiende como el conjunto de mecanismos institucionales, tecnológicos y normativos que permiten al Estado administrar datos, procesos y decisiones públicas de manera transparente, verificable y coordinada mediante tecnologías digitales.

Interoperabilidad se define como la capacidad de distintos sistemas institucionales (SEDATU, SEDARTE, municipios y registros agrarios) para intercambiar y validar información bajo reglas comunes, sin pérdida de integridad ni duplicidades.

Bajo este marco, blockchain se conceptualiza como una infraestructura

de interoperabilidad confiable, al operar como un libro mayor distribuido que permite sincronizar registros jurídicos, administrativos y financieros entre múltiples actores.

4.2.1 TI como garantía de confianza y transparencia

En el contexto actual de transformación digital del sector público, las TI vienen a ser instrumentos estratégicos para la construcción de confianza institucional. Su finalidad no se limita a la automatización de procesos: radica en crear sistemas abiertos, verificables y seguros que fortalezcan el vínculo entre el Estado y la ciudadanía. La confianza, entendida como un valor público, depende de que los datos gubernamentales sean gestionados con integridad, accesibilidad y transparencia.

En este sentido, la implementación de un sistema basado en blockchain ofrece un modelo tecnológico que integra esas condiciones al operar bajo principios de inmutabilidad, trazabilidad, descentralización y criptografía. Estas características redefinen la forma en que se administran, comparten y validan los registros públicos, especialmente en áreas sensibles como la administración agraria y territorial, que a continuación se detallan:

- Inmutabilidad y auditoría. Al funcionar como un “libro mayor de registros” descentralizado, cada transacción o acto administrativo queda documentado de forma permanente y transparente. Esto permite reconstruir la secuencia exacta de las operaciones, evitando alteraciones y facilitando la auditoría pública. Gracias a ello, los ciudadanos pueden acceder a la información sobre montos asignados, beneficiarios y avances de los programas, convirtiendo la rendición de cuentas en un proceso continuo y participativo;
- Seguridad de la información. Los registros de propiedad, los títulos de tenencia de la tierra y los expedientes agrarios se resguardan mediante cifrado criptográfico y mecanismos de consenso que aseguran la autenticidad de los documentos. Esta capa de seguridad previene fraudes, duplicidades o manipulaciones, al tiempo que refuerza la protección de datos sensibles; y
- Eficiencia operativa. La automatización de procedimientos mediante

smart contracts o contratos inteligentes reduce los tiempos de administración y los costos administrativos, eliminando la necesidad de intermediarios y generando mayor agilidad en la asignación de apoyos o subsidios (Christidis y Devetsikiotis, 2016).

Más allá de los beneficios técnicos, el impacto de estas tecnologías se proyecta sobre la cultura institucional. La trazabilidad de la información crea incentivos para la conducta ética de los servidores públicos, mientras que la posibilidad de verificación ciudadana impulsa una nueva forma de control social, basada en datos abiertos y verificables. En este escenario, la transparencia deja de ser un principio normativo para convertirse en una práctica cotidiana, respaldada por evidencia digital.

Asimismo, la adopción de blockchain puede fortalecer la legitimidad del gobierno, al demostrar que las decisiones y los recursos se administran bajo un esquema verificable por cualquier actor social. Esto es especialmente relevante en el ámbito agrario y urbano, donde la opacidad histórica y la fragmentación de registros han generado desconfianza. Un sistema transparente y auditable contribuiría a reconstruir la credibilidad institucional y a generar un entorno de mayor cooperación entre ciudadanía, productores y autoridades.

Finalmente, el uso de TI como garantía de confianza y transparencia no debe entenderse como un fin en sí mismo: es más bien parte de una política de gobernanza digital. Su éxito depende de la convergencia entre infraestructura tecnológica, capacitación institucional y voluntad política. Sólo a través de esta articulación puede alcanzarse un modelo de administración pública que traduzca los principios de apertura, integridad y rendición de cuentas en un ejercicio tangible de innovación democrática.

4.2.2 Impacto en la relación ciudadano-gobierno

El mayor aporte de las TI aplicadas al gobierno reside en la transformación de los procesos con vulnerabilidades claras al fraude en un sistema verificable y justo, esto significa que, al hacer que la distribución de apoyos, la certificación de tierras y la ejecución de proyectos sean verificables por los usuarios autorizados, se logra un impacto directo en la confianza ciudadana.

La proyección a futuro es un ecosistema digital y un sistema interoperable donde cada registro o transacción pueda verificarse en tiempo real sin duplicidades, permitiendo una administración más ordenada de los recursos públicos, evolucionando de la administración agraria y territorial en Veracruz, asistida por las TI, dando un paso decisivo hacia un modelo de gobernanza más justo, confiable y moderno para México.

4.3 Visión general del sistema propuesto

La propuesta se centra en el desarrollo de una plataforma digital sustentada en blockchain que permita registrar, verificar y auditar de manera automática las transacciones administrativas relacionadas con la propiedad de la tierra, los apoyos a productores y los programas de desarrollo agrario. El sistema funcionaría como un “libro mayor de registros” inmutable, donde cada operación, como la entrega de un subsidio o la emisión de un título de propiedad, quede registrada de forma transparente y con trazabilidad completa.

El diseño de esta plataforma contempla la participación de diferentes actores: funcionarios de SEDARTE y SEDATU, autoridades municipales, productores, ejidatarios y organizaciones sociales. Cada uno tendría un nivel de acceso definido, lo que garantizaría tanto la privacidad de los datos como la transparencia de los procesos públicos.

4.4 Componentes y funcionamiento básico

El sistema se estructuraría sobre tres bases principales:

1. Registro inmutable de propiedad. Los documentos de tenencia de la tierra se almacenarían digitalmente en la cadena de bloques, garantizando su autenticidad y evitando alteraciones. Esto solucionaría uno de los principales problemas actuales como la pérdida, falsificación o duplicación de documentos agrarios;
2. Contratos inteligentes para apoyos y subsidios. Estos programas podrían automatizarse mediante reglas predefinidas. Por ejemplo, un productor recibiría un apoyo económico sólo si cumple con los criterios establecidos y verificados digitalmente por un sistema con

lo cual se realizaría una transferencia automática. Esto reduciría los tiempos de administración y eliminaría intermediarios; y

3. Trazabilidad de programas públicos. Cada proyecto ejecutado por la SEDATU o SEDARTE (como obras de infraestructura rural o programas de vivienda) quedaría registrado desde su planeación hasta su ejecución, y por su descentralización cualquier ciudadano podría consultar los avances, montos asignados y beneficiarios, lo que fortalecería la rendición de cuentas y transparencia pública.

4.5 Beneficios esperados

La incorporación de la tecnología blockchain en la administración pública representa una oportunidad para modernizar la administración institucional y fortalecer la confianza social en el uso de los recursos públicos. Sus aportes no se limitan al ámbito tecnológico, pues también abarcan dimensiones jurídicas, administrativas y sociales que impactan directamente en la eficiencia del Estado y en la calidad de vida de la población.

Entre los beneficios más relevantes destacan:

- Transparencia total. Cada operación o transacción quedaría registrada en un sistema verificable por los usuarios autorizados, reduciendo la opacidad en la asignación de apoyos y recursos públicos. La trazabilidad de los datos permitiría conocer, en tiempo real, el destino y uso de los fondos;
- Seguridad de la información. Los registros almacenados en la cadena de bloques serían inmutables y protegidos mediante cifrado, evitando la posibilidad de alteraciones, pérdidas o manipulaciones intencionadas;
- Eficiencia operativa. La automatización de trámites a través de smart contracts acortaría los tiempos de respuesta, disminuiría la carga burocrática y optimizaría los procesos de validación y seguimiento;
- Reducción de costos. Al eliminar intermediarios y minimizar el uso de documentos físicos, se reducirían significativamente los gastos administrativos, impulsando un modelo de administración sostenible y racional en el uso de recursos humanos y financieros; y

- **Confianza ciudadana.** La claridad y verificabilidad de la información fortalecerían la percepción de justicia y equidad entre productores, comunidades y beneficiarios de programas públicos, promoviendo una relación más directa y transparente entre gobierno y ciudadanía.

En el contexto veracruzano, estos beneficios adquieren una relevancia particular. Las comunidades rurales, históricamente afectadas por rezagos tecnológicos y por una administración fragmentada, podrían beneficiarse de una infraestructura digital descentralizada que les garantice acceso equitativo, inclusión tecnológica y participación informada. Un sistema auditable y distribuido permitiría mejorar el diseño, planeación y evaluación de los programas de apoyo, convirtiendo la administración pública en un proceso más ágil, participativo y confiable.

En resumen, los beneficios esperados de blockchain trascienden la mera eficiencia técnica: se proyectan como una herramienta de equidad institucional y cohesión social, capaz de transformar la relación entre el Estado y la sociedad, y de sentar las bases de una gobernanza pública moderna, abierta y pensada para el bien común.

4.6 Retos para su implementación

A pesar de las ventajas que ofrece la tecnología blockchain, su adopción representa una serie de retos que deben considerarse cuidadosamente antes de su puesta en marcha, ya que uno de los principales desafíos está relacionado con la infraestructura tecnológica, especialmente en las zonas rurales, donde la conectividad y el acceso a equipos adecuados aún son limitados; esta situación dificulta la integración de sistemas digitales avanzados y puede retrasar los procesos de modernización institucional.

A esto se suma la resistencia al cambio que puede presentarse entre algunos funcionarios o trabajadores acostumbrados a los métodos tradicionales. La introducción de una tecnología tan innovadora como blockchain no sólo implica una transformación técnica: se refiere también a un cambio cultural dentro de las organizaciones y por ello, es muy importante implementar programas de sensibilización y capacitación tanto para el personal institucional como para los usuarios del sistema, de

manera que comprendan su funcionamiento y confíen en sus beneficios.

Otro aspecto relevante es el marco normativo para que blockchain tenga validez en los procesos administrativos o jurídicos, sería necesario que la legislación reconozca los registros digitales y los contratos inteligentes como documentos con valor legal, y esto demandaría un esfuerzo coordinado entre el Poder Ejecutivo y el Legislativo, además de una articulación efectiva entre los distintos niveles de gobierno para garantizar coherencia y seguridad jurídica en su aplicación.

Finalmente, el costo inicial de implementación es otro reto importante es que, aunque a mediano y largo plazo esta tecnología podría reducir considerablemente los gastos operativos, su puesta en marcha requiere una inversión significativa en infraestructura, desarrollo de software y capacitación especializada, pero para poder superar estas barreras se demandará una planeación estratégica, acompañada de voluntad institucional y visión a futuro para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece blockchain.

4.7 Proyección a futuro

Si se concreta esta propuesta, Veracruz podría convertirse en un referente nacional e internacional en materia de innovación gubernamental, debido a que, la integración de blockchain en la administración agraria abriría la puerta a una administración pública más eficiente, transparente y participativa.

Además, podría servir como base para conectar otras tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IdC), la inteligencia artificial y la analítica de datos, generando un ecosistema digital al servicio del campo y de la ciudadanía.

En un futuro cercano, esta plataforma podría evolucionar hacia un sistema interoperable entre dependencias federales y estatales, donde cada registro o transacción pueda verificarse en tiempo real, sin duplicidades ni riesgos de manipulación, y con ello se permitiría una administración más ordenada de los recursos públicos y un mayor control sobre los programas sociales.

La proyección de un sistema blockchain en la SEDATU y la SEDARTE

representa mucho más que una innovación tecnológica: es una apuesta por la confianza, la legalidad y la eficiencia, ya que al implementar esta herramienta sería un paso decisivo hacia la modernización del sector público agrario en Veracruz, ofreciendo una solución concreta a problemas históricos como la falta de transparencia y el desvío de recursos.

4.8 Aporte científico del capítulo

El aporte científico específico de este capítulo no consiste únicamente en describir la tecnología blockchain, sino en demostrar su viabilidad institucional dentro de un marco jurídico agrario concreto.

A diferencia de estudios generales sobre gobierno digital, este trabajo integra tres dimensiones que rara vez se articulan conjuntamente:

- (A) legislación agraria y rural mexicana;
- (B) estructura administrativa real de SEDATU y SEDARTE en Veracruz; y
- (C) diseño funcional de contratos inteligentes y registros inmutables.

Esta integración genera un modelo conceptual original de gobernanza digital agraria basado en blockchain, aplicable a contextos públicos con alta vulnerabilidad al fraude y a la opacidad.

V. Conclusiones

A lo largo de este documento, se mencionó que, los problemas de burocracia, manipulación de documentos y falta de trazabilidad en los procesos administrativos pueden ser atendidos de manera eficiente mediante un sistema tecnológico basado en la descentralización y la transparencia.

Además, se comprendió que el uso de contratos inteligentes dentro de las plataformas gubernamentales podría automatizar procesos como la asignación de apoyos, la verificación de cumplimiento de programas o la regularización de tierras, esto no sólo implicaría mejoras operativas: también una disminución en los tiempos de respuesta y una distribución más justa de los recursos; en el caso de Veracruz, donde las comunidades rurales y los productores agrícolas enfrentan rezagos tecnológicos y administrativos, esta innovación significaría una oportunidad real de inclusión digital y equidad.

Sin embargo, también se identificaron desafíos importantes, entre ellos destacan la necesidad de infraestructura tecnológica, la capacitación del personal público y la adaptación del marco jurídico para validar legalmente los registros digitales y los contratos inteligentes; Superar estas limitaciones requerirá voluntad política, inversión y una visión institucional a largo plazo, aun así, los beneficios potenciales superan ampliamente los obstáculos iniciales.

Desde el punto de vista metodológico, este capítulo cumplió con su objetivo mediante la integración de tres niveles analíticos claramente diferenciados: el análisis documental del marco normativo agrario, el análisis institucional del funcionamiento de la SEDATU y la SEDARTE en Veracruz, y la modelación conceptual de un caso de uso basado en blockchain. Cada uno de estos niveles permitió generar resultados complementarios: el primero delimitó las restricciones jurídicas, el segundo identificó las debilidades operativas reales y el tercero produjo una propuesta tecnológica coherente con ambos marcos.

En pocas palabras, la tecnología blockchain puede convertirse en una herramienta importante para impulsar la transparencia, el rastreo y la eficiencia dentro de las instituciones públicas; aplicarla en la administración agraria y territorial no sólo transformaría los procesos administrativos: también cambiaría la relación entre el gobierno y la ciudadanía, y por lo cual esta investigación demuestra que, al combinar innovación tecnológica con compromiso social, es posible construir un modelo de gobernanza más justo, confiable y moderno para Veracruz y para México.

El aporte científico de este capítulo radica en haber demostrado que la tecnología blockchain puede ser formalmente integrada a un sistema de gestión pública agraria cuando se la analiza desde una perspectiva jurídico-institucional y no únicamente tecnológica. La construcción del modelo propuesto para SEDATU y SEDARTE Veracruz constituye una contribución original al campo de la gobernanza digital, al ofrecer un esquema replicable para otros contextos públicos caracterizados por alta fragmentación administrativa, opacidad y riesgo de fraude.

VI. Lista de fuentes

- Christidis, K. y Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303.
- Congreso de la Unión (1992). Ley Agraria. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAgra.pdf>.
- Congreso de la Unión (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDRS.pdf>
- Congreso de la Unión (2006). Ley de Productos Orgánicos. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPO.pdf>.
- Congreso del Estado de Veracruz (2010). Ley para el Fomento, Desarrollo y Protección de la Actividad Piloncillera, Considerándola como Actividad Agrícola, Artesanal y Tradicional en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Recuperado de <https://shorturl.at/11rUP>
- Gobierno de Veracruz (2021). Programas de ordenamiento territorial metropolitanos de Veracruz. Recuperado de <https://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/wp-content/uploads/sites/12/2022/02/ZMV-Presentación-Resumen-23.12.21.pdf>
- Kamilaris, A., Fonts, A. y Prenfeta-Boldú, F. X. (2019). Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat? *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, 23, 3-18.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Recuperado de <https://www.bitcoin.org/en/bitcoin-paper>
- Ortega, J. (2024). Blockchain Tecnologías, proyectos y ciberseguridad. España: RC Libros.
- Preukschat, A. (2017). Blockchain: La revolución industrial de internet. España: Gestión 2000.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M. y Sarkis, J. (2019). Blockchain technology, supply chain and logistics: A systematic review and research agenda. *International Journal of Logistics Management*, 30(2), 237-258.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2023). Diagnóstico de programas presupuestarios de la SEDATU. Recuperado de <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/diagnostico-de-programas-presupuestarios-de-la-sedatu>.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2024^a). NOM-005-SEDATU-2024: Contenidos generales para programas municipales de ordenamiento territorial. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5732738yfecha=09/07/2024
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2024b). Reglas de operación del Programa de Mejoramiento Urbano 2024. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/878807/Reglas_de_Operacin_para_el_Programa_de_Mejoramiento_Urbano_para_el_Ejercicio_Fiscal_2024.pdf