



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Dirección Académica

Subdirección de Posgrado e Investigación

Coordinación de la Maestría en Economía Social y Solidaria

Tesis de Posgrado

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DE EXTRACCION DE BIXINA CON SOLVENTES EN LA COOPERATIVA DE LA COMUNIDAD DE SOLTEPEC DEL MUNICIPIO DE CHICONTEPEC

Presenta:

Pablo Alexander Romero Hernández

Director

Dr. José Osorio Antonia

Co-Director:

Mtro. Edgar Pulido Lara

Álamo Temapache Veracruz

JUNIO 2026

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la fortaleza, la salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación académica. Su guía ha sido fundamental para superar los retos y desafíos encontrados a lo largo de este camino.

A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante. Gracias por acompañarme en cada momento, por motivarme a seguir adelante y por ser el principal impulso para alcanzar mis metas personales y profesionales.

Al Dr. José Osorio Antonia, director de esta investigación, por su orientación, conocimientos, experiencia y valiosas observaciones que contribuyeron significativamente al desarrollo y fortalecimiento de este trabajo. Su acompañamiento académico fue fundamental para la culminación de esta tesis.

Al Mtro. Alejandro Cruz Hernández, por su apoyo permanente, disposición para compartir sus conocimientos y por las recomendaciones brindadas durante el desarrollo de la investigación. Su respaldo y confianza fueron de gran importancia para alcanzar los objetivos planteados.

Al Instituto Tecnológico Superior de Alamo Temapache, por proporcionar los espacios, recursos y formación académica necesarios para mi desarrollo profesional y científico.

A los integrantes de la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec, Chicontepec, Veracruz, por su disposición, confianza y participación durante el desarrollo de esta investigación, permitiendo la obtención de información valiosa para la generación de conocimiento y el fortalecimiento de iniciativas de desarrollo comunitario.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron al logro de este trabajo y que formaron parte de este proceso académico y personal.

Muchas gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCION	10
CAPITULO I.- MARCO CONTEXTUAL.....	12
1.1.-Contexto	12
1.2.- Situación económica y problemática de la comunidad de Soltepec	13
CAPITULO II.-MARCO TEÓRICO Y ESTADO DE ARTE	16
2.1.- Economía Social y Solidaria (ESS).....	16
2.2.- Transferencia tecnológica.....	17
2.3.-Valor agregado agroindustrial	18
2.4.-Cooperativas.....	18
2.5.-Transferencia tecnológica.....	19
2.6.-Coperativas con transferencia de tecnología.....	19
2.7.-Impacto de la Tecnología Educativa en las Cooperativas	19
2.8.-Estrategias para Optimizar la Transferencia de Tecnología	20
2.9.- <i>Bixa orellana</i>	20
2.9.1.-Requerimientos climáticos	20
2.9.2.-Manejo del cultivo	21
2.9.3.-Cosecha.....	21
2.9.4.-Impacto económico y usos	21
2.10.- El achiote como recurso agroindustrial	22
2.11.- Bixina y norbixina como compuestos de interés	22
2.12.- Fundamentos de la extracción de bixina con solventes.....	23
2.13.-Solventes para e extracción del colorante	23
2.14.-Antecedentes.....	24

2.14.1.-Transferencia en el sector agroalimentario	24
CAPITULO III.- METODO DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1.- Planteamiento del problema	25
3.2.- Objetivo General.....	27
3.3.-Objetivos Particulares	27
3.4.-Pregunta de Investigación General.....	28
3.5.-Hipótesis	28
3.6.-Justificación	28
3.7.-Alcances y limitaciones.....	29
3.8.-Tipo de investigación	30
3.9.- Diseño de la investigación	30
3.10.- Método de estudio	31
3.11.- Variables de estudio	32
3.11.1. Variable independiente	32
3.11.2. Variables dependientes.....	32
3.12. Población y muestra	35
3.13. Instrumento de medición	36
3.14.-Aplicación del instrumento	40
CAPITULO IV.- ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
4.1.-Análisis de transferencia de tecnología en Soltepec	42
4.2.- Costos de transferencia	43
4.2.1.-Análisis de costos y viabilidad económica	43
4.2.2.-Punto de equilibrio	45
4.3.-Validación del método.....	46
4.4.-Análisis de Rentabilidad.....	48

4.4.1.-Rentabilidad Económica	50
4.5.- Impacto desde la ESS	59
4.6.- Sustentabilidad y medio ambiente	60
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFIA.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.-Validación de instrumento mediante SPSS.....	41
Figura 2.- Punto de equilibrio	45
Figura 3.- Rendimiento del colorante	47
Figura 4.- Percepción general de la tecnología de extracción del colorante.	51
Figura 5.-Percepción de ingresos y costos asociados a la tecnología.	57
Figura 6.-Capacitación de la transferencia de tecnología. a) Técnica montada en el laboratorio. b) entrega de resultados.....	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Conocimiento y comprensión del proceso	37
Tabla 2.-Facilidad de uso y viabilidad en la cooperativa ..	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3.-Utilidad percibida e impacto esperado	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4.-Participación, organización y confianza (componente humanístico)	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5.-Barreras y riesgos percibidos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6.-Intención de adopción (resultado clave)	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7.-Inversión fija estimada para la implementación del proceso	44
Tabla 8.-Costos de consumibles por lote de análisis	44
Tabla 9.-Comparación económica entre la situación actual y el escenario con tecnología propuesta	49
Tabla 10.-Costos involucrados en la implementación de la tecnología	49
Tabla 11.-Matriz de interpretación de rentabilidad	50
Tabla 12.-Análisis por dimensiones	52
Tabla 13.-Impacto Ambiental	61

RESUMEN

La presente investigación analiza el proceso de transferencia de tecnología para la extracción del colorante en la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec, municipio de Chicontepec, Veracruz. Ante la crisis de la citricultura provocada por el *Huanglongbing*, los productores locales optaron por el cultivo de achiote (*Bixa orellana* L.) como alternativa económica. Sin embargo, la comercialización se limita a la venta de semilla en bruto, lo que genera baja rentabilidad y fuerte dependencia de intermediarios. El estudio, de tipo mixto con enfoque descriptivo y analítico, combinó tres componentes: análisis técnico-experimental del contenido de bixina mediante espectrofotometría UV-Vis, evaluación económica de la implementación tecnológica y medición de la percepción de los productores a través de un cuestionario tipo Likert aplicado a 30 miembros de la cooperativa. Los resultados muestran que el contenido de bixina es significativamente mayor en semillas recientes y disminuye de forma notable con el almacenamiento, confirmando la importancia de procesar el producto en corto tiempo. Desde el punto de vista económico, la tecnología requiere una inversión inicial moderada (aproximadamente \$38,000 MXN) pero ofrece potencial para mejorar la capacidad de negociación y generar valor agregado. En cuanto a la percepción de los socios, se registraron niveles altos en utilidad percibida, participación e intención de adopción, aunque el conocimiento técnico se mantuvo en un nivel medio y persisten preocupaciones por costos, infraestructura y mercado.

ABSTRACT

This research analyzes the process of technology transfer for the extraction of the colorant in the Cooperative of the Community of Soltepec, municipality of Chicontepec, Veracruz. Faced with the crisis in citrus farming caused by Huanglongbing, local producers opted for the cultivation of annatto (*Bixa orellana* L.) as an economic alternative. However, commercialization is limited to the sale of raw seed, which generates low profitability and strong dependence on intermediaries. The study, of a mixed type with a descriptive and analytical approach, combined three components: technical-experimental analysis of the bixin content through UV-Vis spectrophotometry, economic evaluation of the technological implementation, and measurement of the producers' perception through a Likert-type questionnaire applied to 30 members of the cooperative. The results show that the bixin content is significantly higher in recent seeds and decreases notably with storage, confirming the importance of processing the product in a short time. From an economic point of view, the technology requires a moderate initial investment (approximately \$38,000 MXN) but offers potential to improve negotiating capacity and generate added value. Regarding the partners' perception, high levels were recorded in perceived usefulness, participation, and intention to adopt, although technical knowledge remained at a medium level and concerns persist regarding costs, infrastructure, and market.

INTRODUCCION

Veracruz se ha consolidado como una de las principales regiones productoras de cítricos en México. Principalmente en naranjas, sin embargo, actualmente se ha enfrentado a diferentes problemas que afectan la sustentabilidad y sostenibilidad en el mercado (SADER, 2023). A pesar de ser un cultivo de gran importancia la situación se ha visto desfavorecida debido a sus plagas y enfermedades, como el *Huanglongbing* (HLB) comúnmente conocido como el dragón amarillo (FAO, 2022), esta enfermedad es producida por la *Diaphorina citri* (Graham et al., 2020) altamente destructiva, especialmente en la naranja dulce y madarina (Da Graça & Korsten, 2004), actualmente difícil de erradicar. Esta bacteria bloquea los vasos foliares impidiendo el flujo de nutrientes, causando muerte al árbol. Esta plaga ha llegado a Chicontepec, donde el cultivo cítrico es una fuente importante económica, y debido a la muerte de los cultivos se ha optado por realizar una rotación de los cítricos a ejemplares de *Bixa Orellana*, debido a que su producción es sencilla, y se desarrolla en regiones tropicales (Huamán et al., 2024), esta planta ofrece un fruto que es aprovechado por sus agentes de pigmentación en la industria alimentaria, farmacéutica (Godoy, 2000). Siendo la bixina el principal compuesto de la semilla representando el 80% (Devia y Saldarriaga, 2003).

En los últimos años, el interés por los colorantes naturales ha cobrado una nueva fuerza en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, no solo por la presión regulatoria y ambiental sobre ciertos aditivos sintéticos, sino también por la preferencia creciente de los consumidores hacia ingredientes de origen vegetal. El achiote (*Bixa orellana* L.) ocupa un lugar relevante, ya que sus semillas contienen bixina, un apocarotenoide liposoluble que constituye el principal pigmento de la capa externa de la semilla y que ha reconocido por su valor como colorante natural. Este colorante no solo posee importancia comercial, sino que también principios activos, por lo tanto, se ha utilizado en distintos sectores (Luna-Finkler et al., 2024). Además, este colorante representa una oportunidad agroindustrial para productores locales.

Diversos estudios recientes han mostrado que la extracción del pigmento depende de variables técnicas bien definidas, entre ellas el tipo de solvente, la temperatura, el tiempo

de proceso, la relación sólido–solvente y el método de extracción empleado. Así, se han documentado resultados con extracción por solventes orgánicos, extracción asistida por microondas, procesos mecánicos con agua, sistemas con solventes alternativos y extracción con CO₂ supercrítico, cada uno con ventajas y limitaciones en términos de rendimiento, pureza, costo y sostenibilidad. Además, la obtención de bixina representa un proceso susceptible a la adaptación tecnológica, con relevancia a las condiciones productivas (David et al., 2021). Para Cárdenas-Toro., (2024) demuestran que la valorización del achiote suele tener efectos favorables en comunidades con poca población y con sistemas tecnificados. Estas tecnologías toman un papel de importancia económica dentro del sector agroalimentario y se ha observado que la transferencia de conocimientos técnicos a otras unidades establece vínculos, esto facilita la adopción de la metodología, así se formalizan las prácticas y fortalecen las capacidades locales de las comunidades (Isiordia-Lachica et al., 2020). Por lo anterior, el aprovechamiento de la introducción de nuevos cultivos a la región, se formó la cooperativa con la intención de cubrir las necesidades sociales, económicas. En la actualidad, los productores miembros de la cooperativa han mostrado un interés para procesar la semilla y obtener este colorante, debido a que el ingreso económico es más viable. Por lo tanto, el objetivo es aprovechar la semilla del achiote para vender el colorante a un mejor precio, sin embargo, para lograrlo, se establecieron compromisos en la transferencia de tecnología para poder desarrollar la metodología.

CAPITULO I.- MARCO CONTEXTUAL

1.1.-Contexto

El municipio de Chicontepec, en el estado de Veracruz, se ubica en un entorno predominantemente rural, donde las actividades productivas continúan siendo fundamentales para la subsistencia y la economía local. En 2020, el municipio registró una población de 53,858 habitantes; además, una parte importante de su población se encontraba en condiciones de vulnerabilidad social, ya que 48% estaba en situación de pobreza moderada y 25.2% en pobreza extrema. Además, el municipio cuenta con estructura educativa como primaria y secundaria; esto da relevancia para diseñar las estrategias tecnológicas, que sean eficientes, accesibles y adaptables dentro de la cooperativa. Y explorar las alternativas agroindustriales y darles un valor agregado para fortalecer la economía local.

Dentro de todas las opciones disponibles, el achiote (*Bixa orellana L.*) resulta con potencial para conectar directamente la producción agrícola con la transformación agroindustrial. La semilla de esta planta contiene la bixina, “un pigmento natural que ha encontrado un lugar destacado en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica”. Hoy en día, los colorantes naturales llaman cada vez más la atención, no solo por su valor comercial, sino también por presiones regulatorias y la creciente conciencia ambiental. Lo interesante del achiote es que ofrece una vía tangible para que pequeños productores no solo cultiven, sino que también agreguen valor real a su cosecha.

Los estudios más recientes indican que extraer bixina no se trata de seguir un único camino, sino de entender cómo interactúan varias variables: el tipo de solvente, la temperatura, la proporción sólido-solvente, el tiempo y la técnica utilizada. Según Cárdenas-Toro et al., (2024) los métodos tradicionales con solventes orgánicos ofrecen resultados de calidad, donde el objetivo es mejorar el rendimiento de la extracción del colorante.

En la comunidad, la introducción de un cultivo nuevo, como el achiote, representa un desafío, pues esta comunidad solo se ha dedicado a la siembra y venta de la semilla sin

obtener grandes beneficios. Sin embargo, en México, el colorante achiote es un producto de demanda, donde se puede obtener provecho y vender el colorante. De este modo, los integrantes de la cooperativa pueden obtener beneficios de su producción. Ya que actualmente una problemática es poder negociar el costo de sus productos, al obtener esta dependencia, el precio de la semilla es determinada por el comprador (Rivera-Madrid, R., 2021).

Para los productores, la transferencia tecnológica de extracción de este colorante representa una vía para convertir su producto en un valor agregado. Sin embargo, al ser una cooperativa, la transferencia cumple el papel de desarrollo de territorios rezagados. También se ha señalado que la adopción tecnológica en sistemas rurales es más efectiva cuando considera la participación de los actores locales, la equidad en el acceso, la formación de habilidades y la generación de beneficios tangibles para pequeños productores. Por lo tanto, la transferencia tecnológica no debe entenderse únicamente como el traslado mecánico de una técnica de laboratorio, sino como un proceso de adaptación, aprendizaje y apropiación que permita a la cooperativa conocer la calidad de su materia prima, estimar los costos de obtención del colorante y mejorar sus condiciones de negociación y permanencia en el mercado (Santos et al., 2023). Por lo tanto, la investigación parte de la necesidad de afrontar la problemática en la cooperativa de Soltepec. Donde el interés no se centra solo en la extracción de bixina, sino la transferencia de esta tecnología.

1.2.- Situación económica y problemática de la comunidad de Soltepec

La comunidad de Soltepec, localizada en el municipio de Chicontepec, Veracruz, enfrenta condiciones económicas limitadas que reflejan la realidad de muchas zonas rurales del norte del estado. La mayoría de la población depende de actividades primarias, especialmente de la agricultura, la cual se desarrolla con bajos niveles de tecnificación y con un acceso restringido a infraestructura productiva. Como consecuencia, los ingresos de los productores suelen ser inestables y, en numerosos casos, insuficientes para garantizar condiciones de vida adecuadas.

A lo largo de los últimos años, la crisis en la citricultura, asociada principalmente a la propagación del *Huanglongbing* (HLB), ha provocado cambios importantes en las dinámicas productivas locales. Debido a esta situación, los productores han comenzado a incorporar cultivos alternativos, entre los cuales destaca el achiote (*Bixa orellana* L.). Este cultivo ha ganado relevancia en la región, ya que se adapta con facilidad a las condiciones climáticas y ofrece un potencial económico significativo, especialmente por la presencia de bixina en sus semillas, un pigmento natural ampliamente utilizado en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica.

Por su parte, la bixina constituye el componente de mayor valor dentro del achiote, dado que es el responsable de su uso como colorante natural. Además, el incremento en la demanda de productos de origen natural ha favorecido su posicionamiento tanto en mercados nacionales como internacionales, lo que convierte al achiote en un recurso con gran potencial agroindustrial para las comunidades rurales. A pesar de ello, en Soltepec el aprovechamiento de este cultivo sigue siendo limitado, ya que la comercialización se realiza principalmente mediante la venta de la semilla en estado bruto, lo que impide que los productores accedan al valor agregado que podría generarse a partir de su transformación.

Además, se observan diversas problemáticas estructurales que restringen el desarrollo económico de los productores. Entre ellas destaca la escasa industrialización del achiote, debido a la ausencia de procesos locales que permitan obtener derivados como extractos de bixina. Asimismo, la comercialización basada en materia prima sin transformación reduce considerablemente los ingresos y limita las oportunidades de crecimiento. También, la dependencia de intermediarios constituye otro factor determinante, ya que estos actores son quienes evalúan la calidad del producto y establecen los precios de compra, lo que coloca a los productores en una posición desfavorable dentro de la cadena de valor. A esto se suma el acceso limitado a tecnología, infraestructura y capacitación técnica, lo cual dificulta la implementación de procesos de transformación y análisis de calidad dentro de la propia comunidad.

Frente a esta realidad, resulta fundamental fortalecer a la cooperativa de Soltepec mediante la incorporación de procesos de innovación tecnológica que permitan

aprovechar de forma más eficiente el potencial del achiote. Por ello, la transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes se plantea como una alternativa viable, ya que puede contribuir a generar valor agregado, mejorar los ingresos de los productores y disminuir la dependencia de agentes externos. Desde la perspectiva de la Economía Social y Solidaria, esta estrategia adquiere un significado más amplio, dado que no solo busca mejorar las condiciones económicas, sino también fortalecer la organización colectiva, promover la participación activa de los socios y favorecer la apropiación del conocimiento técnico. De este modo, la innovación tecnológica se consolida como una herramienta que impulsa el desarrollo local, fomenta la autogestión y contribuye a la construcción de una mayor soberanía productiva en la comunidad.

CAPITULO II.-MARCO TEÓRICO Y ESTADO DE ARTE

2.1.- Economía Social y Solidaria (ESS)

La Economía Social y Solidaria (ESS) se ha consolidado como un enfoque alternativo al modelo económico tradicional, ya que prioriza el bienestar colectivo, la cooperación y la equidad social. Coraggio (2011) afirma que la ESS se fundamenta en prácticas económicas orientadas a satisfacer necesidades humanas, más que en la acumulación de capital, lo que permite construir formas más justas de organización económica. Asimismo, el cooperativismo representa uno de los pilares fundamentales de este enfoque. De acuerdo con Birchall y Ketilson (2009), las cooperativas se caracterizan por ser organizaciones donde los miembros participan activamente en la toma de decisiones y en la distribución de beneficios, lo que fortalece la cohesión social y la sostenibilidad organizativa. En este mismo sentido, el autor señala que la participación democrática y la autogestión son elementos clave para garantizar el éxito de este tipo de organizaciones.

Por otra parte, la autogestión implica que los propios actores sociales asuman el control de sus procesos productivos. Según Razeto (2010), la autogestión no solo fortalece la capacidad organizativa, sino que también promueve la autonomía económica de las comunidades, permitiendo que los productores tomen decisiones informadas sobre sus recursos y actividades. El desarrollo local sostenible se vincula con la capacidad de las comunidades para generar crecimiento económico sin comprometer sus recursos naturales ni su tejido social. Por su parte, Albuquerque (2004) sostiene que el desarrollo local debe basarse en la articulación de actores, recursos y capacidades territoriales, con el fin de generar procesos sostenibles a largo plazo.

La producción comunitaria se presenta como una estrategia que integra conocimientos locales y prácticas productivas, lo que favorece la inclusión social. Según Toledo (2013), este tipo de producción permite conservar saberes tradicionales y fortalecer la identidad territorial, al tiempo que genera alternativas económicas viables. En relación con la innovación social, Moulaert et al. (2013) afirman que esta surge como respuesta a problemáticas sociales, mediante la creación de soluciones colectivas que transforman

las dinámicas económicas y sociales. En este sentido, la innovación no se limita a lo tecnológico, sino que también implica cambios en la organización y en la forma en que los actores interactúan. La tecnología apropiada y la tecnología social juegan un papel relevante dentro de la ESS. Según Schumacher (1973), la tecnología apropiada debe adaptarse a las condiciones locales, ser accesible y responder a las necesidades reales de la población. De manera complementaria, Dagnino (2010) señala que la tecnología social se orienta a resolver problemas colectivos mediante procesos participativos, lo que permite su apropiación por parte de las comunidades.

2.2.- Transferencia tecnológica

La transferencia de tecnología se define como el proceso mediante el cual el conocimiento técnico y científico es transmitido desde instituciones generadoras hacia usuarios finales. Bozeman (2000) afirma que la transferencia tecnológica implica la difusión de herramientas, y la incorporación de capacidades que permitan su uso efectivo. Asimismo, existen diferentes tipos de transferencia tecnológica, los cuales pueden incluir capacitación, asesoría técnica, colaboración institucional y adaptación de procesos. Según Rogers (2003), la adopción de nuevas tecnologías depende de factores como la percepción de utilidad, la facilidad de uso y la compatibilidad con el contexto del usuario.

En el caso de las comunidades rurales, la adaptación tecnológica resulta fundamental. De acuerdo con Chambers (1983), las tecnologías deben diseñarse considerando las condiciones locales, ya que los contextos rurales presentan limitaciones específicas en términos de recursos, infraestructura y conocimientos técnicos. La apropiación social del conocimiento constituye un elemento central en estos procesos. Según Isiordia-Lachica et al. (2020), el éxito de la transferencia tecnológica depende en gran medida de la capacidad de los productores para comprender, adaptar y utilizar la tecnología en su entorno, lo que permite generar beneficios sostenibles. Por lo tanto, la transferencia tecnológica debe entenderse como un proceso dinámico que involucra aprendizaje, participación y adaptación, con el objetivo de fortalecer las capacidades locales y promover el desarrollo productivo.

2.3.-Valor agregado agroindustrial

El valor agregado agroindustrial se refiere a la transformación de productos primarios en bienes con mayor nivel de procesamiento, lo que permite incrementar su valor económico. Por ejemplo, Porter (1990) afirma que la generación de valor agregado es fundamental para mejorar la competitividad de los productores dentro de las cadenas de valor. En el caso del achiote, la transformación implica pasar de la venta de la semilla en estado bruto a la obtención de productos derivados como la bixina. Según Rivera-Madrid (2021), el aprovechamiento del achiote como colorante natural representa una oportunidad para integrar a los productores en mercados de mayor valor. La producción de bixina ha adquirido relevancia debido al crecimiento del mercado de colorantes naturales. De acuerdo con Scotter (2009), la demanda de estos compuestos ha aumentado debido a la preferencia por productos más seguros y sostenibles, lo que posiciona a la bixina como un pigmento estratégico en la industria alimentaria.

Por otra parte, la competitividad rural se relaciona con la capacidad de los productores para generar utilidades y mejorar su posicionamiento en el mercado. Según Vargas-Canales (2023), el desarrollo de capacidades tecnológicas permite a los productores reducir su dependencia de intermediarios y capturar una mayor proporción del valor generado. La incorporación de procesos agroindustriales incrementa la rentabilidad, y también fortalece la autonomía productiva y contribuye al desarrollo económico de las comunidades rurales.

2.4.-Cooperativas

Las nuevas cooperativas enfrentan desafíos que pueden afectar la sostenibilidad y, por lo tanto, el éxito. En un estudio Brichall y Ketilson (2021) describe; la falta de capital inicial, la nula experiencia en gestión son los principales desafíos para lograr el éxito. Otro punto importante, es la gobernanza, y la participación activa de los miembros. En la cooperativa Soltepec, el riesgo es una transferencia de tecnología, es decir, ¿están aptos para acceder a este tipo de tecnologías? Si el caso es sí, esta premisa es un factor de gran interés para alcanzar las metas y objetivos.

2.5.-Transferencia tecnológica

La transferencia de tecnología desde el sistema educativo representa una oportunidad, esta puede realizarse mediante mecanismos como la capacitación, plataformas digitales. Según Silva y Martínez (2023), las universidades y centros de investigación son importantes en facilitar procesos mediante alianzas estratégicas con las cooperativas

2.6.-Cooperativas con transferencia de tecnología

En cuanto a las cooperativas rurales, el proceso de transferencia tecnológica suele funcionar mejor cuando no se limita a “entregar un equipo” o “dar una demostración”, sino cuando se acompaña de aprendizaje práctico, ajustes al contexto local y acuerdos claros sobre responsabilidades. Ruzzante et al., (2021) indica que en la adopción de nueva tecnología influyen factores como el acceso a la capacitación, percepción de utilidad. En las cooperativas, las decisiones rara vez dependen de una sola persona; generalmente se toman de manera colectiva. Por eso, factores como la confianza entre los miembros, el liderazgo, la coordinación y la capacidad organizativa se vuelven fundamentales. De hecho, estudios recientes sobre la adopción de tecnología en cooperativas indican que el apoyo institucional y las habilidades organizacionales pueden influir en la disposición a adoptar nuevas herramientas, incluso a través de percepciones como la facilidad de uso. Esto refleja cómo la dinámica interna y la estructura de la cooperativa condicionan el éxito de cualquier innovación tecnológica.

2.7.-Impacto de la Tecnología Educativa en las Cooperativas

La tecnología educativa ha sido considerable de acuerdo al efecto positivo con las cooperativas. Al incorporar estas tecnologías, las cooperativas suelen ser más efectivas mostrando una mejor capacidad de innovación (González y Torres 2022). Donde la formación constante y el acceso a materiales educativos actualizados resultan fundamentales para alcanzar estos beneficios, ya que ayudan a superar los obstáculos que a veces dificultan la adopción de nuevas tecnologías. Por otro lado, existen barreras en la transferencia de tecnología, es debido a la falta de recursos, limitaciones de

infraestructuras. Caso contrario, bien establecida, incluye apoyo institucional, colaboración y adopción de nuevas tecnologías, siempre que esté presente el apoyo gubernamental (Ramírez y Fernández, 2021).

2.8.-Estrategias para Optimizar la Transferencia de Tecnología

La optimización de la transferencia de tecnología, se tienen que implementar estrategias para hacerlo simple para que esté al alcance de los productores. Por su parte, Martínez y Pérez (2020) sugieren la creación de redes de colaboración entre universidades y cooperativas, así como la implementación de programas de financiamiento y subsidios para apoyar las nuevas cooperativas. Por lo tanto, la transferencia de tecnología a las cooperativas es un proceso complejo pero necesario vital para un desarrollo y sostenibilidad. Al comprender los mecanismos, impactos, barreras y facilitadores involucrados, se pueden diseñar estrategias efectivas para mejorar este proceso. La colaboración entre el sistema educativo y las cooperativas es esencial para lograr una transferencia de tecnología exitosa que contribuya al crecimiento y sostenibilidad de estas organizaciones. De modo que, en el enfoque educativo, se tiene como premisa realizar análisis de viabilidad para demostrar que la extracción de bixina es redituable, puesto esta molécula es de gran importancia en la industria de los alimentos.

2.9.-*Bixa orellana*

Conocida comúnmente como achiote o urucú, es una planta originaria de la América tropical. Su importancia radica en las semillas, de las cuales se extrae la bixina, un pigmento natural ampliamente utilizado en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. En diversas regiones tropicales y subtropicales, el cultivo del achiote representa una actividad económica relevante para muchos productores.

2.9.1.-Requerimientos climáticos

El achiote se desarrolla favorablemente en climas cálidos y húmedos, con temperaturas que oscilan entre 20 °C y 30 °C. Prefiere suelos con pH ligeramente ácido a neutro (5,5-7,0) (García et al., 2023). Esta especie puede propagarse tanto por semillas como por esquejes. Cuando se utiliza semilla, es recomendable aplicar un pretratamiento antes de

la siembra. Durante la etapa de germinación y establecimiento, resulta fundamental mantener un riego constante y cuidar las condiciones del suelo. En algunos casos, los productores inoculan las semillas con micorrizas para mejorar el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes (López et al., 2021).

2.9.2.-Manejo del cultivo

El manejo agronómico del achiote incluye varias prácticas clave: la poda, el control de malezas y la fertilización. La poda permite mejorar la estructura de la planta, favorecer la penetración de luz y facilitar la cosecha. Por su parte, el control de malezas es esencial durante los primeros años, ya que estas compiten fuertemente por agua y nutrientes, mientras, la fertilización, lo más recomendable es realizar previamente un análisis de suelo para ajustar las dosis según las necesidades reales del cultivo. Diversos autores sugieren priorizar el uso de fertilizantes orgánicos, pues además de mejorar la productividad, contribuyen a mantener la salud y la estructura del suelo a largo plazo (Rodríguez y Pérez, 2022).

2.9.3.-Cosecha

La cosecha del achiote se realiza de manera manual, generalmente cuando las cápsulas maduras se abren y dejan expuestas las semillas. Este momento es clave, ya que influye directamente en la calidad y cantidad del pigmento obtenido. El manejo postcosecha incluye el secado, la limpieza y el posterior almacenamiento de las semillas. Resulta fundamental realizar un secado adecuado, ya que un exceso de humedad puede favorecer el desarrollo de mohos y ocasionar una pérdida significativa de calidad. Al respecto, González y Martínez (2021) destacan la importancia de conservar las semillas en condiciones secas y frescas, con el fin de preservar el contenido de bixina y mantener sus propiedades por más tiempo.

2.9.4.-Impacto económico y usos

El achiote representa una fuente importante de ingresos para numerosas comunidades rurales en países tropicales. Su principal producto, la bixina, se utiliza como colorante natural en la industria alimentaria, donde ha ganado terreno como sustituto de colorantes sintéticos. Además, encuentra aplicaciones en los sectores cosmético y farmacéutico.

Según Silva y Rodríguez (2022), la demanda de bixina ha aumentado en los últimos años debido a la preferencia creciente de los consumidores por productos naturales y más sostenibles.

2.10.- El achiote como recurso agroindustrial

En los últimos años, el achiote (*Bixa orellana* L.) ha cobrado mayor relevancia como recurso vegetal con potencial agroindustrial. Este interés se debe principalmente a los compuestos colorantes presentes en la cubierta de sus semillas, en especial la bixina y la norbixina. Luna-Finkler et al. (2024) señalan que la bixina es el principal apocarotenoide del achiote y que su importancia actual va más allá del uso tradicional como colorante. Cada vez existe mayor atención científica sobre su estabilidad, sus propiedades funcionales y su posible aplicación en productos de mayor valor agregado. Esta característica permite que los productores rurales puedan ir más allá de la venta de materia prima y avanzar hacia procesos de transformación.

El valor del achiote no radica solo en su cultivo, sino en la posibilidad de incorporarlo a cadenas agroindustriales que permitan extraer el pigmento y generar mayor rentabilidad. De acuerdo con Agudelo Patiño et al. (2023), la extracción del colorante representa una oportunidad para agregar valor en origen y reducir el desaprovechamiento de recursos vegetales. Así, el achiote puede entenderse no únicamente como un cultivo regional, sino como un insumo estratégico dentro de la producción de colorantes naturales.

2.11.- Bixina y norbixina como compuestos de interés

La bixina es el pigmento liposoluble más importante presente en el achiote, mientras que la norbixina es su forma hidrofílica derivada. Esta diferencia en solubilidad es determinante, ya que influye tanto en los métodos de extracción como en los posibles usos industriales. Aluko (2024) indica que la extracción con etanol permite recuperar tanto bixina como norbixina a partir de semillas de annatto, y confirma el interés analítico y tecnológico de ambos compuestos. Más allá de su relevancia química, la bixina se ha consolidado como uno de los colorantes naturales más estudiados. Su auge responde a la tendencia mundial de reemplazar colorantes sintéticos por alternativas naturales, mejor aceptadas por los consumidores.

Por esta razón, la literatura reciente enfatiza que el aprovechamiento del achiote debe enfocarse en la calidad del pigmento extraído, su estabilidad y su viabilidad en diferentes matrices alimenticias o industriales (Luna-Finkler et al., 2024).

2.12.- Fundamentos de la extracción de bixina con solventes

La extracción con solventes puede entenderse como un proceso de transferencia de masa en el que el compuesto objetivo pasa de una matriz sólida a un solvente líquido que presenta afinidad química por él. En el caso del achiote, esto implica lograr que la bixina contenida en la cubierta de la semilla migre hacia el solvente bajo condiciones controladas de temperatura, tiempo y relación sólido-líquido. Soto-Lorza et al. (2022) indicó que la temperatura y el tiempo juegan un papel importante en la extracción del colorante, por lo tanto, esta extracción depende de múltiples variables.

2.13.-Solventes para e extracción del colorante

En la extracción del colorante, un paso importante es la selección de colorante, este solvente influye directamente en el rendimiento, la pureza del pigmento, el costo y la seguridad operativa. Un estudio reciente, indicaron que el tiempo y temperatura modifican la concentración del colorante (Jayakumar et al., 2024). Esto evidencia que la recuperación del pigmento depende de la interacción entre varios factores. Por su parte, Aluko (2024) demostró que el etanol constituye una alternativa viable y funcional para recuperar tanto bixina como norbixina, lo cual resulta especialmente interesante en contextos donde se busca una opción técnicamente accesible. Sin embargo, en un trabajo orientado a la transferencia tecnológica no basta con elegir el solvente que ofrezca el mayor rendimiento en laboratorio. Es necesario considerar también su disponibilidad local, costo, facilidad de manejo, posibilidades de recuperación y su viabilidad para una eventual escalada a nivel comunitario o cooperativo (Jayakumar et al., 2024).

La bixina es el principal pigmento carotenoides que le da ese color rojo-anaranjado característico a las semillas del achiote (*Bixa orellana*). Se extrae sobre todo para usarla como colorante natural en la industria de alimentos, cosméticos y algunos productos farmacéuticos.

2.14.-Antecedentes

El achiote constituye un recurso de gran valor económico y cultural en México, tanto por su uso tradicional en la dieta como por su aplicación como colorante en textiles, derivado principalmente de su alto contenido de bixina y norbixina. Por esta razón, en los últimos años diversos grupos de investigación han centrado su atención en este cultivo. Ruiz-Pozadas et al. (2024) llevaron a cabo un proceso de transferencia de tecnología con productores de San Juan Comaltepec, Oaxaca, capacitándolos en la extracción de colorantes a partir de las semillas y en la tinción de textiles. Asimismo, Guerrero-Lagunes et al. (2024) realizaron la caracterización morfológica del achiote en la misma región, con el objetivo de preservar la identidad genética del material local y reducir la dependencia de una sola variante biológica. Por otra parte, Reina et al. (2024) obtuvieron aceites de semillas de achiote mediante extracción Soxhlet, reportando rendimientos entre 4 % y 6 %. Otros estudios se han enfocado en aplicaciones agroalimentarias, como el uso de extracto de achiote en la alimentación de gallinas para mejorar la pigmentación de la yema de huevo (Segura et al., 2024).

2.14.1.-Transferencia en el sector agroalimentario

Los principales beneficios en la transferencia de tecnología, es la mejora de procesos, el desarrollo de nuevos productos y solución a problemas técnicos (Isiordia-Lachica et al. 2020). Este resultado es relevante para la presente investigación, ya que posiciona la transferencia tecnológica como una herramienta para fortalecer capacidades de los productores de achiote. Para Vargas-Canales (2023) la adopción de nuevas tecnologías depende en gran medida de las capacidades tecnológicas existentes, las cuales no se distribuyen de forma homogénea en el territorio. En regiones rurales, la implementación de procesos innovadores debe considerar las limitaciones materiales, organizativas y formativas de las comunidades. Por ello, una tecnología de extracción de bixina solo será realmente útil para una cooperativa si los productores pueden comprenderla, operarla y mantenerla bajo sus propias condiciones productivas

CAPITULO III.- METODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- Planteamiento del problema

La producción de achiote (*Bixa orellana* L.) en la comunidad de Soltepec, municipio de Chicontepec, Veracruz, ha surgido como una alternativa productiva frente a la crisis de cultivos tradicionales, especialmente los cítricos afectados por enfermedades como el Huanglongbing. A partir de esta situación, los productores han incorporado este cultivo debido a su adaptabilidad y a su potencial económico. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, el aprovechamiento del achiote en la comunidad sigue siendo limitado. Actualmente, la cooperativa comercializa la semilla de achiote sin ningún tipo de transformación, lo que reduce significativamente la posibilidad de generar valor agregado. Como consecuencia, los productores obtienen ingresos bajos y dependen de intermediarios para la comercialización del producto. Rivera-Madrid R. (2021) señala que gran parte del valor del achiote se genera en las etapas de transformación, por lo que la venta en estado bruto limita el beneficio económico para los productores primarios.

Por otra parte, uno de los principales problemas radica en la falta de conocimiento técnico sobre el contenido de bixina en las semillas, el cual es el principal indicador de calidad y valor comercial del achiote. Esta limitación impide que los productores puedan tomar decisiones informadas sobre el manejo, almacenamiento y comercialización de su producto. Al respecto, Michael Scotter (2009) afirma que la concentración de bixina es un factor determinante en la calidad del achiote, ya que influye directamente en su valor dentro del mercado de colorantes naturales. Asimismo, la ausencia de infraestructura y tecnología adecuada dificulta la posibilidad de realizar procesos de transformación dentro de la cooperativa. Esta situación restringe la capacidad productiva, y también limita la competitividad de los productores. De acuerdo con Vargas-Canales J. M. (2023), la falta de capacidades tecnológicas en el sector agroalimentario impide que los productores capturen una mayor proporción del valor generado, manteniéndolos en condiciones de desventaja dentro de la cadena de valor.

De igual manera, la dependencia de intermediarios genera una relación desigual, donde los productores tienen poca capacidad de negociación. Esta situación se traduce en una

pérdida constante de valor económico, ya que el producto es vendido sin aprovechar su potencial agroindustrial. Guarín y Martínez (2022) afirman que la intermediación en sistemas agroindustriales suele concentrar los beneficios en actores externos, reduciendo la participación económica de los productores primarios.

Aunado a lo anterior, la falta de acceso a tecnología no solo afecta el aspecto productivo, sino también el desarrollo económico de la comunidad. Al no contar con herramientas para procesar el achiote, los productores permanecen en los niveles más bajos de la cadena de valor, lo que limita su capacidad de generar mayores ingresos y mejorar sus condiciones de vida. Desde esta perspectiva, la transferencia tecnológica adquiere un papel estratégico, ya que, como señalan Isiordia-Lachica M. et al. (2020), su correcta implementación permite fortalecer las capacidades productivas y promover procesos de innovación en contextos rurales.

Frente a esta problemática, la transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes representa una alternativa viable para la cooperativa. A través de este proceso, los productores podrían conocer la calidad de su producto, generar valor agregado y fortalecer su posición dentro del mercado. Sin embargo, la implementación de esta tecnología implica no solo la adquisición de equipos, sino también procesos de capacitación, adaptación y apropiación del conocimiento. Por lo tanto, el problema central de esta investigación se enfoca en la falta de integración entre el conocimiento técnico existente sobre la extracción de bixina y su aplicación en la cooperativa de Soltepec. Esta brecha limita el aprovechamiento del achiote como recurso agroindustrial y restringe el desarrollo económico y organizativo de la comunidad.

3.2.- Objetivo General

Analizar el proceso de transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes en la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec (Chicontepec, Veracruz), mediante de caso, que combine indicadores financieros y evaluaciones de eficiencia técnica, con el fin de determinar su efectividad e impacto en la producción, rentabilidad y sostenibilidad de la organización.

3.3.-Objetivos Particulares

1. . Caracterizar las etapas del proceso de transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes implementado en la cooperativa, a través de una revisión documental y entrevistas con los operadores, para establecer la línea base operativa del sistema actual.
2. Evaluar los indicadores de eficiencia técnica y rendimiento del proceso de extracción de bixina, mediante el registro de los volúmenes de producción, uso de solventes y tiempos de procesamiento, con el fin de determinar la productividad y el grado de optimización operativa de la tecnología transferida.
3. Analizar la estructura de costos y los beneficios financieros derivados de la implementación tecnológica en la organización, a través del cálculo de indicadores financieros (como VAN, TIR o relación beneficio-costos), para medir el impacto real de la transferencia en la rentabilidad de la cooperativa.
4. Examinar los factores de sostenibilidad social y ambiental asociados al uso de solventes en la comunidad de Soltepec, mediante la aplicación de criterios de desarrollo sustentable y la consulta a los miembros de la cooperativa, para identificar la viabilidad a largo plazo y la apropiación social de la tecnología.
5. Diseñar un marco de recomendaciones estratégicas y operativas para la cooperativa, a partir de la integración de los hallazgos técnicos, financieros y de sostenibilidad obtenidos en el estudio de caso, con el propósito de optimizar la

efectividad del proceso de transferencia tecnológica en el municipio de Chicontepec.

3.4.-Pregunta de Investigación General

¿De qué manera el proceso de transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes impacta en la producción, rentabilidad y sostenibilidad de la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec (Chicontepec, Veracruz), determinado a través de un estudio de caso de enfoque mixto que combine indicadores financieros y evaluaciones de eficiencia técnica?

3.5.-Hipótesis

La implementación de la tecnología de extracción de bixina en la cooperativa de Soltepec incrementa el valor agregado del achiote, mejora los ingresos de los productores y favorece la apropiación tecnológica, contribuyendo al fortalecimiento del desarrollo económico y organizativo bajo el enfoque de la Economía Social y Solidaria.

3.6.-Justificación

La producción de achiote representa una alternativa económica relevante para comunidades rurales ante la pérdida de rentabilidad de cultivos tradicionales. Sin embargo, en regiones como Soltepec, el aprovechamiento se limita principalmente a la venta de semilla sin procesar, lo que reduce considerablemente el valor agregado y mantiene a los productores en una posición de dependencia frente a intermediarios.

La presente investigación se justifica porque existe una necesidad real de generar conocimiento técnico que permita a los productores conocer y controlar la calidad de su achiote, especialmente el contenido de bixina, que es el principal responsable del valor comercial del producto. Diversos estudios han demostrado que la concentración de este pigmento puede variar considerablemente según las condiciones de almacenamiento y el manejo que se le dé después de la cosecha (Scotter, 2009; Soto-Lorza et al., 2022). Desde el punto de vista tecnológico, implementar métodos de extracción con solventes representa una gran oportunidad para fortalecer las capacidades de la cooperativa. Sin

embargo, llevar este tipo de tecnologías a comunidades rurales no es tan sencillo como parece. No basta con entregar el equipo; se necesita un proceso serio de capacitación, adaptación a las condiciones locales y, especialmente, que los productores realmente se apropien del conocimiento y lo hagan suyo (Isiordia-Lachica et al., 2020). Además, este estudio busca evaluar si la tecnología es realmente viable, analizando los costos de inversión y operación, así como su posible efecto en la generación de mayor valor agregado y en la mejora de la capacidad de negociación de los productores frente a los intermediarios. En el ámbito social, la investigación busca contribuir al fortalecimiento de la organización cooperativa, fomentando la participación activa de sus miembros en procesos de innovación y transferencia tecnológica.

3.7.-Alcances y limitaciones

Alcances

La presente investigación se centra en el análisis del proceso de transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes en la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec, municipio de Chicontepec, Veracruz. Desde el punto de vista técnico, el estudio determina el contenido de bixina en las semillas de achiote mediante análisis espectrofotométrico y evalúa cómo varía este compuesto con el paso del tiempo y bajo diferentes condiciones de almacenamiento. De esta manera, se obtiene información práctica sobre la calidad del producto en condiciones reales, no industriales.

En el aspecto económico, se realiza un análisis de viabilidad que considera los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento, con el fin de conocer el potencial de implementación de la tecnología en el contexto concreto de la cooperativa. Además, la investigación incluye una dimensión social al explorar la percepción y el nivel de participación de los miembros de la cooperativa en el proceso de transferencia tecnológica. Esto permite valorar en qué medida aceptan y se apropian del nuevo conocimiento. Finalmente, el estudio integra los tres aspectos técnico, económico y social con el objetivo de ofrecer una visión más completa sobre la viabilidad de implementar la extracción de bixina en entornos rurales.

Limitaciones

La investigación tiene algunas limitaciones que es importante considerar al interpretar los resultados. En primer lugar, los análisis experimentales se realizaron a escala de laboratorio, por lo que es probable que los resultados no sean exactamente los mismos que se obtendrían en una escala de producción mayor o en condiciones industriales.

En segundo lugar, el estudio se concentra principalmente en el contenido de bixina como indicador de calidad, sin incluir otros parámetros físico-químicos que podrían dar una visión más completa del producto. En el aspecto económico, no fue posible medir ingresos reales por la venta de bixina, ya que la cooperativa todavía no comercializa el producto transformado; por eso, el análisis se limita a costos y viabilidad potencial. Por otra parte, los datos sobre percepción provienen de las opiniones de los participantes, lo que siempre introduce un componente subjetivo. Por último, las condiciones específicas de la cooperativa y el tamaño de la muestra hacen que los resultados deban tomarse con cautela y no puedan generalizarse fácilmente a otros contextos productivos.

3.8.-Tipo de investigación

La presente investigación se aborda bajo un enfoque mixto, el cual integra de manera sistemática los métodos cuantitativo y cualitativo para lograr una comprensión integral del fenómeno. El diseño es de carácter no experimental, transversal y de campo, estructurado metodológicamente a través de la estrategia de Estudio de Caso. El alcance de la investigación es descriptivo y correlacional-causal, puesto que se orienta inicialmente a caracterizar las variables operativas, técnicas y humanas del proceso de transferencia de tecnología de extracción de bixina en la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec (Chicontepec, Veracruz), para posteriormente determinar el impacto o relación causal de dicha transferencia sobre los indicadores de producción, rentabilidad financiera y sostenibilidad organizacional de la empresa social.

3.9.- Diseño de la investigación

El diseño metodológico adoptado para la presente investigación es de carácter no experimental, de campo y transversal. Es no experimental puesto que las variables asociadas a la transferencia tecnológica para la extracción de bixina, la eficiencia

productiva, la rentabilidad y la sostenibilidad de la organización se analizarán en su ambiente natural, sin manipulación ni control artificial por parte del investigador. Asimismo, posee una dimensión transversal, en virtud de que la recolección de datos técnicos, financieros y sociodemográficos se efectuará en un momento temporal único, permitiendo establecer un diagnóstico analítico del estado actual del objeto de estudio. Finalmente, el diseño es de campo, desarrollado directamente en las instalaciones de la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec (Chicontepec, Veracruz), lo que faculta la obtención de datos primarios mediante la interacción directa con los operadores, directivos e infraestructura del proceso productivo, garantizando la rigurosidad en la contrastación empírica del estudio de caso bajo un enfoque mixto.

El estudio se estructuró en tres componentes principales:

1. Análisis técnico-experimental del contenido de bixina.
2. Evaluación económica del proceso.
3. Aplicación de un instrumento para conocer la percepción de los miembros de la cooperativa.

3.10.- Método de estudio

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, ya que integra elementos cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener una comprensión más completa del fenómeno analizado. Por una parte, el enfoque cuantitativo permitió evaluar variables como el contenido de bixina y los aspectos económicos asociados al proceso. Por otra parte, el enfoque cualitativo facilitó el análisis de la percepción, participación y apropiación tecnológica de los miembros de la cooperativa. Para la recolección de información, se emplearon diversas técnicas que permitieron abordar el problema desde distintas perspectivas. En primer lugar, se realizaron entrevistas a los socios de la cooperativa, con el objetivo de conocer sus experiencias, opiniones y nivel de participación en el proceso de transferencia tecnológica. Asimismo, se aplicaron encuestas estructuradas mediante un instrumento tipo Likert, lo que permitió cuantificar la percepción de los productores respecto a la utilidad, viabilidad y adopción de la tecnología.

De igual manera, se llevó a cabo la observación directa del proceso productivo, lo que permitió identificar las condiciones reales de trabajo, el uso de los recursos disponibles y las dinámicas organizativas dentro de la cooperativa. A través de esta técnica, se obtuvo información relevante sobre la forma en que se desarrollan las actividades y las posibles limitaciones en la implementación de la tecnología. Por otra parte, se realizó un análisis económico-financiero con el fin de evaluar la viabilidad de la tecnología propuesta. Este análisis consideró aspectos como los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como el potencial de generación de valor agregado y mejora en los ingresos de los productores.

En cuanto a la población de estudio, esta estuvo conformada por los integrantes de la cooperativa de la comunidad de Soltepec, así como por técnicos y productores de achote vinculados al proceso productivo. La selección de los participantes permitió obtener información tanto desde la perspectiva organizativa como desde el ámbito técnico y productivo, lo que contribuyó a una visión integral del estudio.

3.11.- Variables de estudio

3.11.1. Variable dependiente

Efectividad de la Transferencia: Es el fenómeno central que se desea explicar. Representa la capacidad de la empresa social en Soltepec para mantenerse operando, generar beneficios económicos, lograr la apropiación comunitaria y perdurar a largo plazo en el municipio de Chicontepec como consecuencia de las cuatro variables anteriores.

3.11.2. Variables independientes.

- Eficiencia Técnica de los Métodos: Refiere al diseño del proceso de extracción con solventes, los tiempos de procesamiento y el rendimiento químico de la bixina.
- Capacidad de la Infraestructura y Equipos: Evalúa la idoneidad, estado actual, mantenimiento y adaptabilidad de la maquinaria utilizada para la extracción en la planta.

- Competencia y Capacitación del Recurso Humano: Mide el nivel de asimilación técnica, conocimientos operativos, habilidades y horas de entrenamiento de los operadores de la cooperativa.
- Viabilidad Económico-Financiera: Analiza la estructura de costos de los solventes, insumos, flujos de efectivo y la relación costo-beneficio del proceso implementado.

MODELO TEÓRICO: TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DE BIXINA CON SOLVENTES EN LA COOPERATIVA DE LA COMUNIDAD DE SOLTEPEC, CHICONTEPEC, VERACRUZ

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	→	INDICADORES	VARIABLE DEPENDIENTE
	VI1: EFICIENCIA TÉCNICA DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN	Dimensiones • Rendimiento • Calidad del pigmento • Optimización del proceso	→	Indicadores • % de bixina obtenida • Tiempo de extracción • Consumo de solvente • Estabilidad del pigmento	VD: EFECTIVIDAD DE LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Dimensión Productiva → Indicadores: Mejora del proceso productivo; Aprovechamiento del achioté; Valor agregado Dimensión Económica → Indicadores: Incremento potencial de ingresos; Capacidad de negociación; Reducción de dependencia de intermediarios Dimensión Social → Indicadores: Participación de socios; Apropiación tecnológica; Fortalecimiento organizacional Dimensión Ambiental → Indicadores: Manejo de residuos; Uso responsable de solventes; Reutilización de materiales
	VI2: CAPACIDAD DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO	Dimensiones • Disponibilidad de equipo • Condiciones operativas • Capacidad instalada	→	Indicadores • Existencia de equipo • Capacidad de procesamiento • Disponibilidad de energía • Mantenimiento	
	VI3: COMPETENCIA Y CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO	Dimensiones • Conocimiento y comprensión • Participación y confianza • Utilidad percibida • Intención de adopción • Apropiación tecnológica	→	Indicadores • Nivel de conocimiento • Participación en capacitaciones • Utilidad percibida • Disposición a implementar • Disposición a invertir	
	VI4: VIABILIDAD ECONÓMICO-FINANCIERA	Dimensiones • Costos • Rentabilidad • Recuperación de inversión	→	Indicadores • Inversión inicial • Costos operativos • Punto de equilibrio • Relación costo-beneficio • Rentabilidad esperada	

Figura 1. Modelo teórico de transferencia de tecnología para la extracción de bixina con solventes.
 Fuente: elaboración propia con base en el análisis de las variables de esta investigación.

3.12. Población y muestra

Población

La población de estudio estuvo conformada por los integrantes de la Cooperativa de la Comunidad de Soltepec, ubicada en el municipio de Chicontepec, Veracruz. De acuerdo con el padrón proporcionado por la organización, la cooperativa se encontraba integrada por 58 socios activos, quienes constituyeron la población objetivo de la investigación.

Muestra

Debido a que la población de estudio fue finita y conocida, se determinó el tamaño de muestra mediante la fórmula para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95 %, un error máximo permisible del 5 % y una proporción de éxito y fracaso de 0.5, valores recomendados cuando no se cuenta con información previa sobre la variabilidad de la población.

Fórmula para poblaciones finitas

$$\begin{aligned} n &= \frac{N (Z^2 pq)}{e^2(N - 1) + Z^2 pq} \\ n &= \frac{58(1.96^2)(0.5)(0.5)}{(0.05^2)(58 - 1) + (1.96^2)(0.5)(0.5)} \\ n &= \frac{58(3.8416)(0.25)}{(0.0025)(57) + 0.9604} \\ n &= 55.7032 \end{aligned}$$

$$\frac{0.1425 + 0.9604}{n = 55.7032}$$

$$\frac{1.1029}{n = 50.5}$$

$$n = 50.5$$

3. Tamaño de muestra

Se redondea al número entero superior:

$$n = 51 \text{ participantes}$$

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que la aplicación del instrumento se realizó a los socios disponibles y dispuestos a participar durante las reuniones y actividades organizadas por la cooperativa. No obstante, la muestra obtenida representó el 87.93 % de la población total, lo que proporciona una cobertura amplia de los integrantes de la organización

3.13. Instrumento de medición

Para la recolección de la información cualitativa se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado con escala tipo Likert (Figura 1 y 2). Este instrumento tuvo como objetivo evaluar la percepción de los miembros de la cooperativa respecto al proceso de transferencia de tecnología de extracción de bixina.

El cuestionario incluyó preguntas agrupadas en las siguientes dimensiones:

- ❖ Conocimiento del proceso
- ❖ Participación
- ❖ Utilidad percibida
- ❖ Barreras

❖ Intención de adopción

Se utilizó una escala Likert de cinco puntos: 1 = Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo 4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo

Esta escala permitió cuantificar las percepciones de los participantes y facilitar el análisis de tendencias respecto a la aceptación y apropiación de la tecnología.

Instrumento 1: Cuestionario de adopción y transferencia de tecnología (Likert)

Cuestionario para evaluar la transferencia y apropiación de la tecnología de extracción de bixina

Población:

Aplicación:

A. Datos generales

1. Edad: ____
2. Rol en la cooperativa: () socio/a () operario/a () directivo/a () otro: ____
3. Años en la cooperativa: ____
4. Experiencia previa con procesos de transformación (sí/no): ____ ¿cuál? ____

Instrucciones: Marca con una X según el número según te percepción.

Escala: 1 = Totalmente en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 = De acuerdo | 5 = Totalmente de acuerdo

Tabla 1.-Conocimiento y comprensión del proceso

ITEM	1	2	3	4	5
------	---	---	---	---	---

1.Comprendo para qué sirve la extracción de bixina/norbixina.					
2. Conozco los pasos principales del proceso de extracción con solventes.					
3. Identifico los riesgos del proceso (manejo de solventes, calor, etc.).					
4.Sé qué medidas de seguridad son necesarias durante la extracción.					
5. Puedo explicar el proceso con mis palabras a otra persona.					

ITEM	1	2	3	4	5
6. Considero que el proceso es claro y se puede repetir sin complicaciones.					
7. La cooperativa cuenta con condiciones para operar la tecnología (espacio, agua, energía).					
8. El tiempo requerido por lote es razonable para el trabajo cotidiano.					
9. Los insumos (solventes/materiales) son accesibles para la cooperativa.					
10.El mantenimiento del equipo es posible con los recursos locales.					

ITEM	1	2	3	4	5
11.La tecnología puede mejorar los ingresos frente a vender la semilla en bruto.					
12.El extracto obtenido tiene valor comercial real para el mercado.					
13.Esta tecnología puede fortalecer a la cooperativa como organización.					

14. La adopción del proceso puede generar empleo o trabajo local.					
15. La tecnología puede aportar a la estabilidad económica de la comunidad.					

ITEM	1	2	3	4	5
16. Me sentí tomado/a en cuenta durante la capacitación o demostración.					
17. Considero que el proceso respeta los tiempos y formas de trabajo de la cooperativa.					
18. Existe buena comunicación entre los miembros para implementar cambios.					
19. Confío en que la cooperativa puede organizarse para operar el proceso.					
20. Considero que la tecnología se puede adaptar a nuestra realidad					

ITEM	1	2	3	4	5
21. Me preocupa el manejo de solventes por seguridad.					
22. Me preocupa el costo del proceso.					
23. Me preocupa la falta de clientes/mercado para vender el extracto.					
24. Me preocupa que la cooperativa no tenga organización suficiente para sostenerlo.					
25. Considero que faltan apoyos externos (institución, gobierno, alianzas) para implementarlo.					

ITEM	1	2	3	4	5
------	---	---	---	---	---

26. Estoy dispuesto/a a participar en la implementación del proceso.					
27. Estoy dispuesto/a a capacitarme más para dominarlo.					
28. Recomendaría que la cooperativa invierta en esta tecnología.					
29. Considero que esta tecnología debería adoptarse de forma permanente.					
30. Me interesa que la cooperativa desarrolle productos derivados (colorante/aceite/etc.).					

3.14.-Aplicación del instrumento

La aplicación del instrumento se llevó a cabo en la cooperativa de la comunidad de Soltepec, municipio de Chicontepec, Veracruz, con la participación de sus miembros activos. El cuestionario se aplicó directamente a los productores durante las visitas que se hicieron a las sesiones de trabajo y reuniones de la cooperativa. Antes de empezar, se explicó a cada participante el objetivo del estudio, se les aseguró que sus respuestas serían confidenciales y se pidió su consentimiento de manera voluntaria. Además, se les dio apoyo para resolver cualquier duda y se adaptó el lenguaje según su forma de expresarse, considerando sus características socioculturales, para que entendieran bien las preguntas.

Cada productor respondió el cuestionario de forma individual, lo que les permitió expresar con libertad su opinión sobre el proceso de transferencia de tecnología de extracción de bixina. Las respuestas se registraron con una escala Likert de cinco puntos, lo que permitió después hacer el análisis cuantitativo.

La aplicación del instrumento se realizó durante el periodo de capacitaciones y seguimiento del proyecto, lo que facilitó que la mayoría de los miembros participaran. Una vez recopilada toda la información, se organizó y sistematizó para su análisis, con el fin de identificar las principales tendencias en percepción, participación y disposición de los productores hacia la adopción de la tecnología. La confiabilidad del instrumento

se evaluó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, utilizando el software IBM SPSS Statistics (Figura 1).

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,613	,737	30

Figura 1.-Validación de instrumento mediante SPSS

De acuerdo con los criterios de interpretación, este valor moderado, lo que demuestra que los reactivos del cuestionario presentan una adecuada correlación entre sí y son confiables para medir las variables de estudio relacionadas con la percepción, participación y adopción de la tecnología de extracción de bixina.

CAPITULO IV.- ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.-Análisis de transferencia de tecnología en Soltepec

El proceso de transferencia de tecnología de extracción de bixina con solventes en la Cooperativa de Soltepec se fundamenta en la adaptación de un método de extracción basado en principios de transferencia de masa, en el cual el pigmento contenido en la semilla de achiote migra hacia un medio líquido con afinidad química, bajo condiciones controladas de operación. Este proceso depende de variables críticas como el tipo de solvente, la temperatura, el tiempo de extracción, y una relación sólido:solvente y la agitación, las cuales determinan el rendimiento y la calidad del pigmento obtenido. En la extracción de bixina se han utilizado solventes como entre los que destacan el etanol y soluciones alcalinas como hidróxido de sodio o potasio, los cuales permiten la solubilización del pigmento bajo diferentes condiciones químicas (Sanchez-Sanchez, 2019). La eficiencia del proceso depende de varias variables operativas, como la temperatura, el tiempo de extracción, la relación sólido-solvente y el tipo de solvente empleado. Todas estas deben controlarse correctamente para lograr un buen rendimiento del pigmento (Jayakumar et al., 2023).

Diversos estudios indican que la extracción de bixina se realiza bajo condiciones controladas de agitación y tiempos específicos, y que pequeños cambios en estos parámetros influyen directamente en la cantidad de pigmento que se recupera (David et al., 2021). Por ejemplo, la extracción con etanol usando el método Soxhlet ha mostrado buenos resultados, lo que confirma que los solventes orgánicos son viables a nivel experimental y que podrían escalarse a procesos productivos (Aluko, 2024).

Respecto al equipo necesario, el proceso requiere aparatos de laboratorio como sistemas de agitación, control de temperatura y un espectrofotómetro. Esto se vuelve una limitación grande a la hora de querer aplicarlo directamente en zonas rurales, porque la mayoría de las cooperativas no tienen este tipo de infraestructura técnica (Jayakumar et al., 2024; Soto-Lorza et al., 2022).

Desde el punto de vista de la transferencia tecnológica, el proceso no se trata solo de llevar un método de extracción a la cooperativa. Va mucho más allá. En realidad, implica

todo un proceso de aprendizaje, adaptación y que los productores se apropien realmente del conocimiento. Según la literatura, las transferencias de tecnología en cooperativas rurales suelen tener mejores resultados cuando se incluyen capacitaciones constantes, acompañamiento técnico cercano y una participación activa de los productores. Estos elementos son clave para que los productores terminen adoptando y utilizando realmente la tecnología (Isiordia-Lachica et al., 2020; Silva & Martínez, 2023; Ruzzante et al., 2021). Por eso, la transferencia de la tecnología de extracción de bixina no puede verse solo como entregar un método. Se trata de un proceso completo que involucra lo técnico, lo organizativo y social. En la cooperativa el método puede funcionar, siempre y cuando los productores logran entender, y operar y con el tiempo las condiciones de trabajo mejoran (Vargas-Canales, 2023; Birchall & Ketilson, 2021).

4.2.- Costos de transferencia

4.2.1.-Análisis de costos y viabilidad económica

El método de extracción de colorante, se basa en el principio saponificación y emulsificación mediante una solución alcalina y jabonosa. Donde participan varias etapas de calentamiento controlado, con agitación constante y filtración de la muestra y leída mediante espectrofotometría UV-Vis. Esta metodología es una adaptación del proceso descrito por Isabel y Tatiana, (2019) con modificaciones. Para realizar el proceso de transferencia se requiere una inversión inicial de \$38,000 MXN (Tabla 7), correspondiente a la adquisición de equipo básico de laboratorio. Entre estos, el espectrofotómetro UV-Vis representa el componente más relevante, ya que permite la cuantificación del pigmento, mientras que la parrilla con agitación es fundamental para garantizar condiciones adecuadas de extracción. Aunque esta inversión puede representar una limitación en contextos rurales, su carácter fijo permite su uso continuo, lo que la convierte en una inversión recuperable a mediano plazo. Asimismo, el tipo de equipamiento requerido es relativamente accesible en comparación con tecnologías industriales más complejas.

Tabla 2.-Inversión fija estimada para la implementación del proceso

Equipo	Tipo de recurso	Costo estimado (MXN)
Espectrofotómetro UV-Vis	Equipo de análisis	17,000
Cubeta de cuarzo	Accesorio	1,450
Parrilla con agitación	Equipo	17,900
Micropipeta	Equipo	1,823
Vidriería (vasos, matraces)	Material permanente	1,000 (aprox.)
Total	—	38,000

En lo que respecta a los costos de operación (Tabla 8), se identificó que el gasto total por lote de trabajo asciende a \$958.94 MXN, incluyendo reactivos como hidróxido de potasio, agua, aceite y material consumible. Al considerar una capacidad de procesamiento de 30 muestras por lote, se obtuvo un costo unitario aproximado de \$33.00 MXN por análisis. Este valor representa el costo variable del proceso y permite estimar de manera directa la eficiencia económica del método en función del volumen de trabajo.

Tabla 3.-Costos de consumibles por lote de análisis

Concepto	Cantidad utilizada	Costo total (MXN)	Costo unitario por análisis (MXN)
Agua	20 L	538.00	17.93
KOH	228.6 g	394.06	13.14
Aceite	—	16.20	0.54
Puntas	60 pzas	10.68	0.36
Total	—	958.94	33.00

4.2.2.-Punto de equilibrio

En esta Gráfica 2 se comparan los costos totales y los ingresos en función del número de análisis realizados. Se observa que inicialmente los costos son mayores debido a la inversión fija; sin embargo, conforme aumenta el número de muestras procesadas, los ingresos crecen de manera lineal. El punto donde ambas líneas corresponde al punto de equilibrio, ubicado aproximadamente en 567 análisis. A partir de este punto, el sistema comienza a generar utilidades.

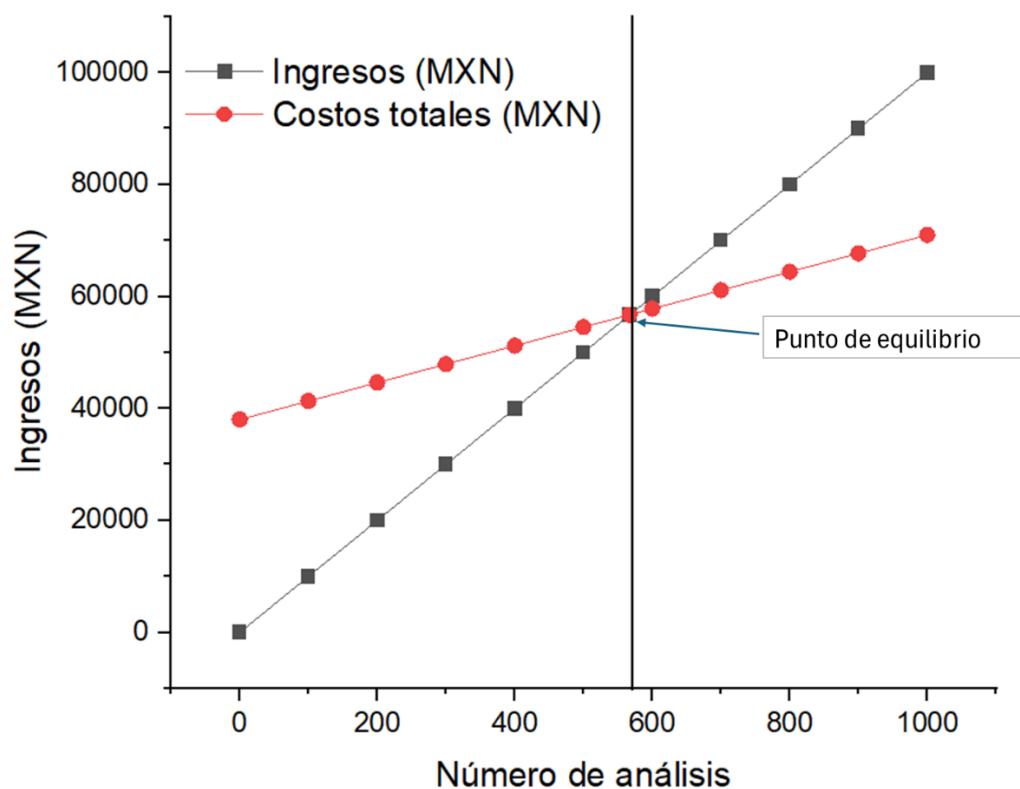


Figura 2.- Punto de equilibrio

4.3.-Validación del método

Con el fin de evaluar la calidad del producto, se determinó el contenido de bixina en semillas de achiote mediante espectrofotometría UV-Vis. El análisis se realizó a lo largo del tiempo, considerando tanto semillas recientes como semillas almacenadas, con el objetivo de identificar variaciones en la concentración del pigmento.

Como se observa en la Figura 3, los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el contenido de bixina entre semillas recientes y semillas almacenadas, observándose valores consistentemente mayores en las primeras. Este comportamiento puede atribuirse a la degradación progresiva del pigmento durante el almacenamiento, lo cual es característico de los carotenoides como la bixina. Diversos estudios han documentado que estos compuestos son altamente susceptibles a procesos de oxidación y degradación inducidos por factores ambientales como la luz, el oxígeno y la temperatura (Scotter, 2009; Soto-Lorza et al., 2022).

La tendencia que se observa en la Figura 2, las semillas recientes presentan una disminución moderada a lo largo de 2 meses del análisis. Sin embargo, este comportamiento fue reportado por Rivera-Madrid et al., (2016), donde señala una pérdida de carotenoides puede ser mayor en etapas tempranas. Por otro lado, las semillas almacenadas presentan valores más bajos y con menor variabilidad, lo que indica que el proceso de degradación ya ha ocurrido en etapas previas al análisis. Este resultado coincide con lo reportado por Castro-Vargas et al. (2019), quienes señalan que el almacenamiento prolongado reduce significativamente el contenido de bixina, afectando directamente la calidad del achiote. Siendo este colorante (Bixina) el principal parámetro para determinar la calidad de las semillas (Scotter, 2009). Por lo tanto, la disminución del pigmento durante el almacenamiento implica pérdida de calidad, y el potencial económico del producto, y se traduce a implicaciones directas para los productores.

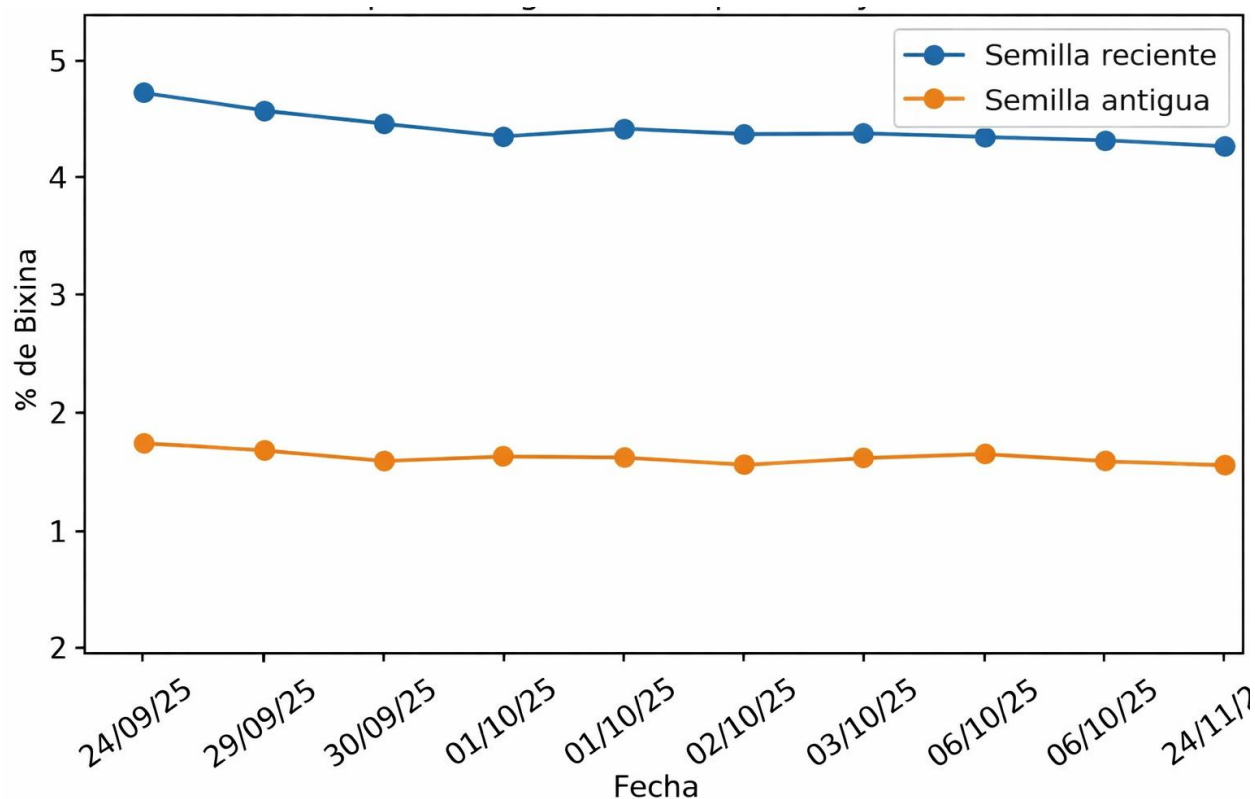


Figura 3.- Rendimiento del colorante

Por lo tanto, estos resultados, los resultados respaldan la factibilidad de implementar el método de extracción en la cooperativa para detectar la calidad del producto. Como señala Isiordia-Lachica et al. (2020), la adopción de tecnologías en cooperativas rurales depende de la eficacia de la técnica, práctica y su capacidad de generar beneficios tangibles para los productores. En este caso, esta tecnología permitiría obtener información de la calidad de las semillas, lo que reduce la dependencia de intermediarios y fortalece su posición en la cadena de valor. No obstante, su implementación efectiva requiere considerar factores adicionales como la capacitación, el acceso a equipamiento y el acompañamiento técnico, tal como lo señalan Ruzzante et al. (2021) en estudios sobre adopción tecnológica en sistemas agroalimentarios.

Estos hallazgos confirman la influencia del tiempo de almacenamiento en la degradación de la bixina, y evidencian el potencial de la tecnología como una herramienta estratégica

para mejorar la calidad del producto y fortalecer las capacidades productivas de la cooperativa.

4.4.-Análisis de Rentabilidad

La rentabilidad económica de esta tecnología se basa en la reducción del costo del análisis por parte de otras dependencias, y de eliminar la dependencia comercial. En el caso, la cooperativa actual muestra una limitación estructural: los productores comercializan la semilla de achiote, pero no cuentan con su propia capacidad para determinar el contenido del colorante. En este caso, el valor del producto es determinado por la empresa compradora, lo que coloca a la cooperativa en una posición de desventaja dentro de la cadena de valor. En este caso Vargas-Canales, (2023) señala que la falta de capacidades tecnológicas propias limita la apropiación de valor por parte de los productores primarios y reduce su poder de negociación.

Este análisis se realizó considerando las variables actuales de comercialización de la cooperativa, así como el escenario potencial con la implementación de la tecnología propuesta. Para ello, se analizaron los costos asociados, el valor agregado del producto y la percepción de los miembros de la cooperativa. Esta situación genera una dependencia técnica y limita la capacidad de negociación de los productores. Como se observa en la Tabla 9, la principal diferencia radica en el control de calidad y la capacidad de determinar el valor del producto. Por otro lado, en la situación actual de la cooperativa, la empresa establece el precio, con esta estrategia, los productores podrán conocer el rendimiento de las semillas, por lo tanto, un buen precio.

Tabla 4.-Comparación económica entre la situación actual y el escenario con tecnología propuesta

Concepto	Situación actual de la cooperativa	Escenario con tecnología propuesta
Producto comercializado	Semilla de achiote	Semilla evaluada y/o extracto con mayor control
Determinación de calidad	La realiza la empresa compradora	La puede realizar la cooperativa
Fijación del precio	Externa	Con mayor capacidad de negociación
Valor agregado	Bajo	Medio o alto
Dependencia tecnológica	Alta	Reducida
Información sobre bixina	Desconocida antes de la venta	Con posibilidad de medición propia
Rentabilidad	Limitada	Potencialmente mayor

La rentabilidad (Tabla 10) depende del ingreso potencial, del equilibrio entre costos/beneficios.

Tabla 5.-Costos involucrados en la implementación de la tecnología

Tipo de costo	Componentes principales	Implicación económica
Inversión inicial	Agitación, control de temperatura, material de laboratorio, equipo de medición	Requiere capital inicial
Operación	Solventes, energía, mano de obra, consumibles	Costos recurrentes
Mantenimiento	Limpieza, calibración, reposición de materiales	Sostenibilidad del proceso
Capacitación	Formación técnica de los productores	Condiciona la adopción
Acompañamiento técnico	Asesoría externa o institucional	Reduce riesgos de implementación

Además, se incorporó la percepción mediante el cuestionario aplicado (Tabla 11).

Tabla 6.-Matriz de interpretación de rentabilidad

Dimensión del cuestionario	Concepto	Interpretación
Utilidad percibida	Indica si los socios creen que la tecnología puede mejorar ingresos	Refuerza la viabilidad económica percibida
Barreras y riesgos	Muestra preocupación por costos, mercado y apoyos externos	Señala límites para la rentabilidad
Intención de adopción	Refleja disposición a invertir y participar	Sugiere aceptación social del proceso
Participación y confianza	Indica capacidad organizativa para sostener la tecnología	Relaciona rentabilidad con cohesión organizativa

Finalmente, el análisis técnico, económico y social indica que la tecnología de extracción del colorante representa una rentabilidad favorable para la cooperativa. No obstante, la implementación de la tecnología representa una oportunidad estratégica para la cooperativa, siempre que se cuente con capacitación, acompañamiento técnico y condiciones adecuadas para su operación.

4.4.1.-Rentabilidad Económica

Para analizar la percepción y participación de los miembros de la cooperativa en el proceso de transferencia tecnológica, se aplicó un cuestionario tipo Likert, el cual permitió evaluar distintos aspectos relacionados con el conocimiento, la aceptación, la participación y las barreras percibidas en la implementación de la tecnología. Los participantes presentan una edad promedio de aproximadamente 54 años, con predominio de socios activos y algunos integrantes con funciones directivas, lo que permite contar con una visión tanto operativa como organizativa del proceso.

Como se observa en la Figura 4, la percepción general de los miembros de la cooperativa es positiva en la mayoría de las dimensiones evaluadas. Destacan niveles altos en participación, utilidad percibida e intención de adopción, mientras que el conocimiento técnico presenta valores intermedios y las barreras muestran niveles relevantes de preocupación.

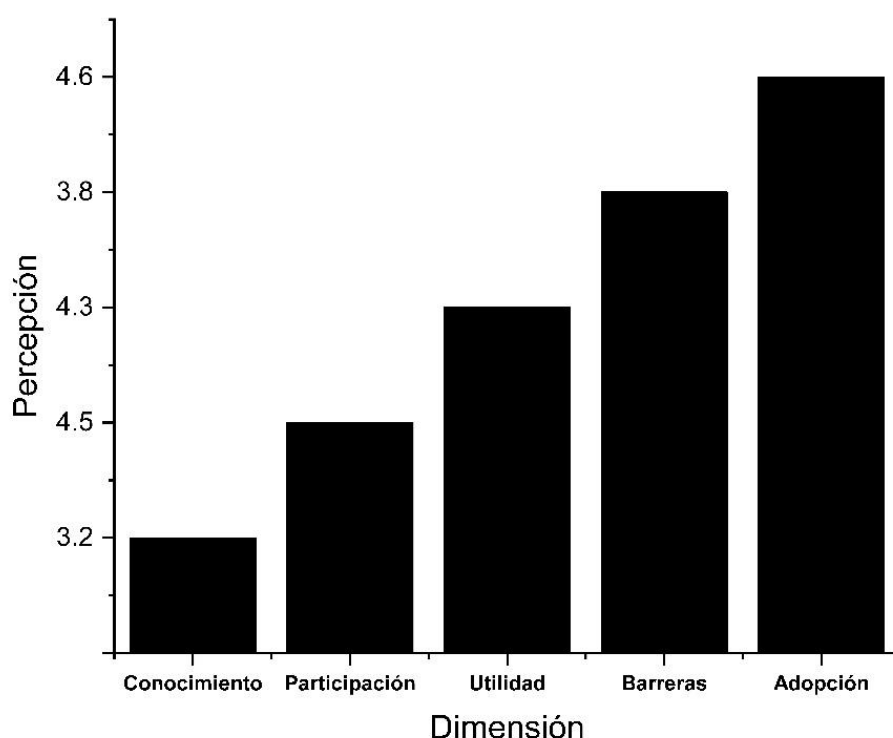


Figura 4.- Percepción general de la tecnología de extracción del colorante.

Por otro lado, los resultados muestran que la participación y la confianza organizativa son altas, lo que representa una fortaleza para la implementación de la tecnología. Asimismo, la utilidad percibida del proceso es elevada, ya que los miembros consideran que la tecnología puede contribuir a mejorar los ingresos y fortalecer la cooperativa.

Los resultados del instrumento (Tabla 12) aplicado muestran que la dimensión de conocimiento presenta un nivel medio, lo que indica que los miembros de la cooperativa

tienen una comprensión básica del proceso de extracción de bixina, aunque aún existen áreas que requieren fortalecimiento. Este nivel sugiere que la transferencia tecnológica ha iniciado, pero aún no se ha consolidado completamente en términos de dominio técnico.

Tabla 7.-Análisis por dimensiones

Dimensión	Nivel observado
Conocimiento	Medio
Participación	Alto
Utilidad	Alto
Barreras	Medio-alto
Adopción	Alto

En cuanto a las dimensiones de participación, utilidad percibida e intención de adopción, los resultados muestran niveles altos. Esto refleja una actitud positiva de los productores hacia la tecnología y una buena disposición para ponerla en práctica. Además, la alta participación que se registró indica que la cooperativa cuenta con un buen ambiente organizativo, lo que favorece los procesos de innovación y facilita la implementación de cambios.

Por otro lado, la dimensión de barreras presenta un nivel medio-alto, lo que muestra que los miembros perciben limitaciones importantes, principalmente relacionadas con aspectos económicos, técnicos y de infraestructura. Este resultado es importante porque, aunque exista interés en adoptar la tecnología, las restricciones estructurales pueden dificultar su implementación real.

4.5.-Conocimiento y comprensión del proceso de extracción de bixina

La Figura 5 muestra el nivel de acuerdo de los participantes respecto al conocimiento y comprensión del proceso de extracción de bixina. Los mayores porcentajes se observaron en el conocimiento de los pasos principales del proceso (94.1 %), seguido de la comprensión de la finalidad de la extracción (88.2 %) y la capacidad para explicar el procedimiento a otra persona (88.2 %). Por otra parte, la identificación de riesgos asociados al proceso (56.8 %) y el conocimiento de las medidas de seguridad necesarias (56.9 %) presentaron los porcentajes más bajos, lo que sugiere la necesidad de fortalecer las actividades de capacitación relacionadas con la seguridad y el manejo de reactivos.

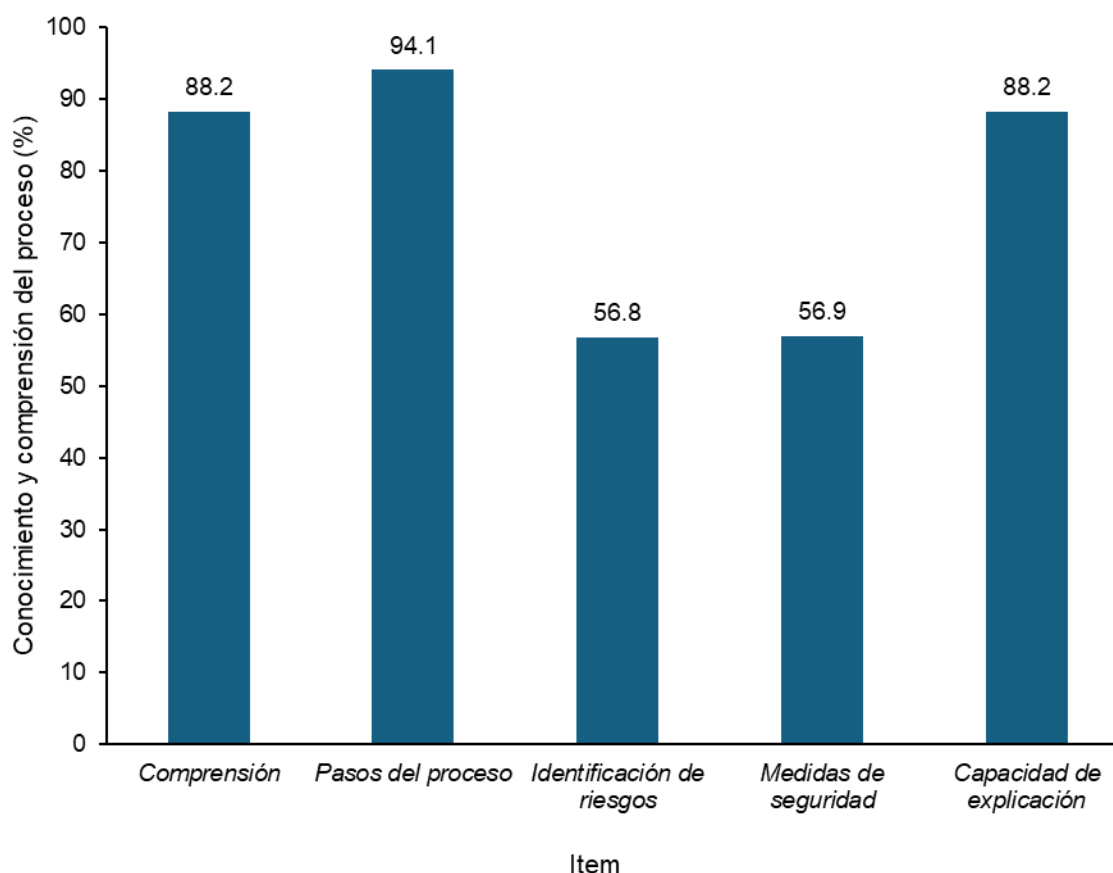


Figura 5.-Conocimiento y comprensión del proceso de extracción de bixina

Los hallazgos coinciden con lo reportado por Rogers (2003), quien afirma que la adopción de nuevas tecnologías depende en gran medida del conocimiento que poseen los usuarios sobre su funcionamiento y beneficios. Además, señala que la comprensión de una innovación constituye una de las primeras etapas para su aceptación e incorporación en los sistemas productivos.

De igual manera, los resultados son consistentes con lo señalado por Bozeman (2000), quien menciona que la transferencia tecnológica requiere que la generación de capacidades que permitan a los usuarios comprender y utilizar adecuadamente la tecnología. Por lo tanto, el elevado porcentaje de participantes que manifestó conocer los pasos del proceso representa una condición favorable para la implementación de la tecnología propuesta.

Por otra parte, los porcentajes obtenidos en los ítems relacionados con la identificación de riesgos (56.8 %) y las medidas de seguridad (56.9 %) fueron considerablemente menores. Esta situación evidencia áreas de oportunidad en materia de capacitación, especialmente en aspectos relacionados con el manejo seguro de reactivos y procedimientos. Al respecto, Chambers (1983) sostiene que la adopción exitosa de tecnologías en comunidades rurales requiere procesos continuos de capacitación y fortalecimiento de capacidades, de manera que los usuarios puedan aplicar el conocimiento de forma segura y eficiente.

4.6.-Facilidad de uso y viabilidad en la cooperativa

La Figura 6 presenta la percepción de los participantes respecto a la facilidad de uso y viabilidad de la tecnología propuesta para la extracción de bixina. Los mayores niveles de aceptación se observaron en la accesibilidad de los insumos necesarios para la implementación del proceso (78.5 %) y en la posibilidad de realizar el mantenimiento del equipo con recursos disponibles localmente (70.6 %). Asimismo, el 62.8 % de los encuestados consideró que el proceso es claro y puede repetirse sin complicaciones. Por otra parte, las condiciones de operación dentro de la cooperativa registraron una aceptación de 54.9 %, mientras que el tiempo requerido para procesar cada lote presentó

el porcentaje más bajo (45.1 %). Estos resultados sugieren que la tecnología es percibida como viable por la mayoría de los participantes, aunque existen aspectos operativos que requieren fortalecimiento para facilitar su adopción.

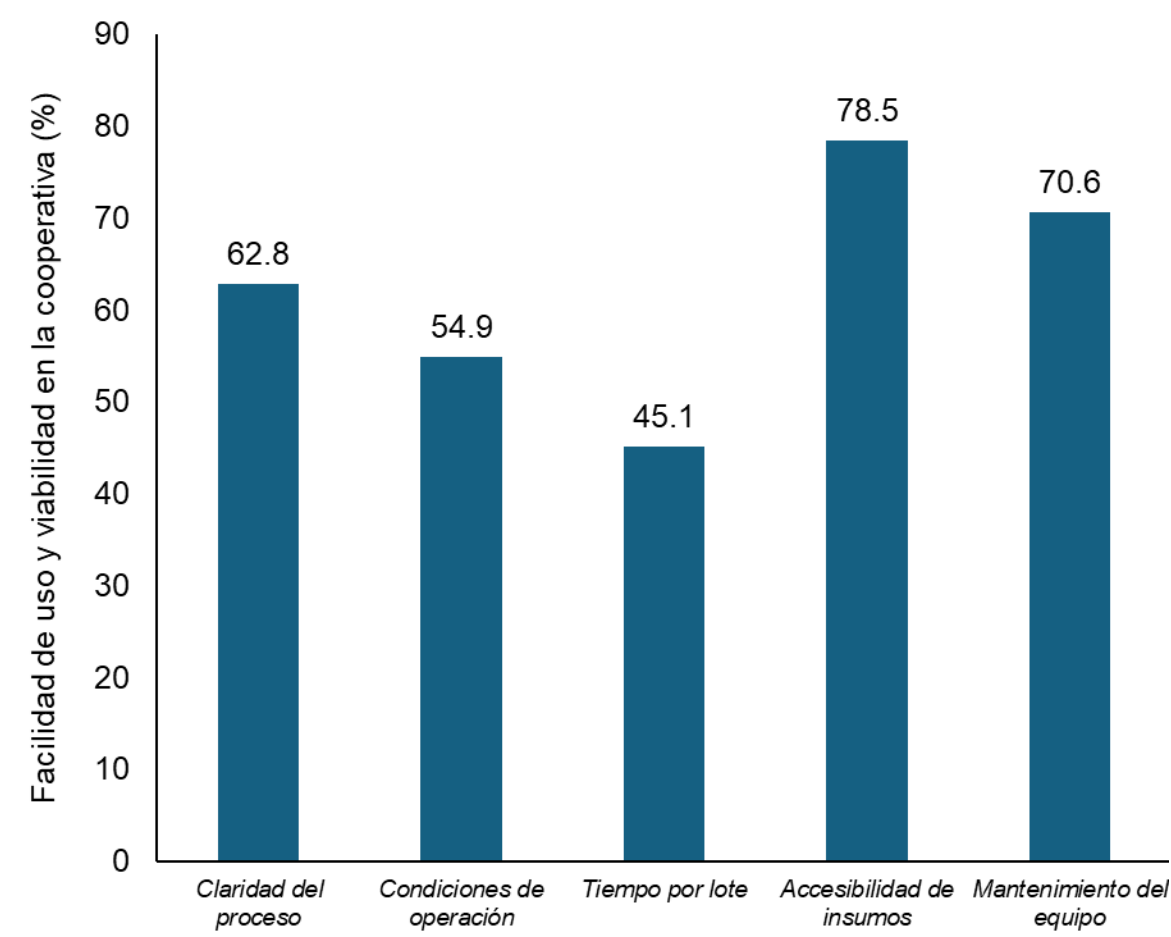


Figura 6.-Nivel de acuerdo de los participantes respecto a la facilidad de uso y viabilidad de la tecnología propuesta. Los valores corresponden al porcentaje de participantes que respondieron "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" (n = 51).

4.7.-Utilidad percibida e impacto esperado

La Figura 7 muestra una percepción altamente favorable sobre los beneficios asociados a la implementación de la tecnología de extracción de bixina. El indicador con mayor aceptación fue la generación de empleo local (98.0 %), seguido del fortalecimiento de la cooperativa (96.1 %) y la mejora de ingresos (94.1 %). Asimismo, el valor comercial del

extracto obtuvo una aceptación de 92.2 %, mientras que la estabilidad económica comunitaria registró el porcentaje más bajo de la dimensión, aunque mantuvo una valoración favorable de 90.2 %. Estos resultados evidencian que los integrantes de la cooperativa perciben la tecnología como una alternativa con potencial para contribuir al desarrollo económico y organizativo de la comunidad.

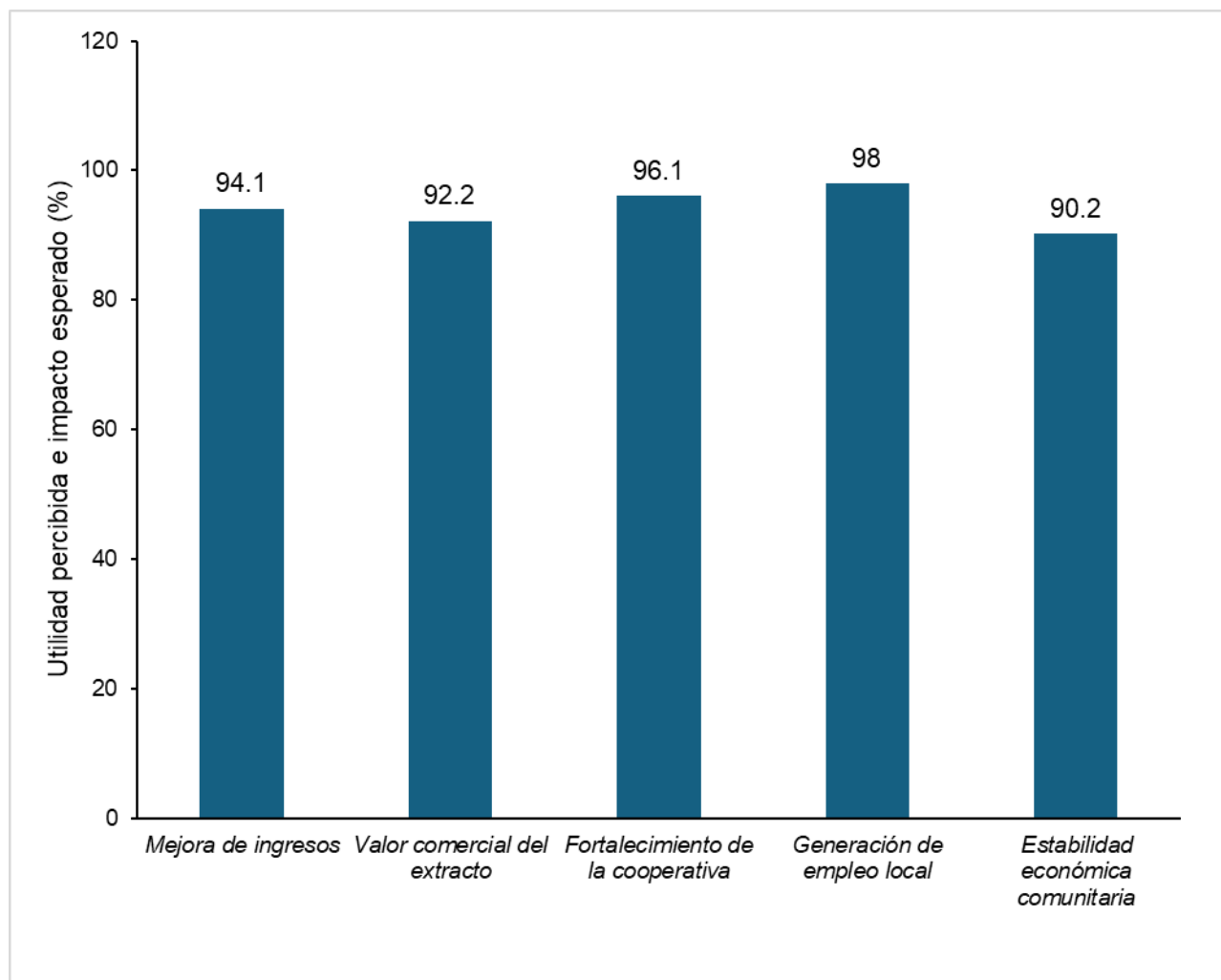


Figura 7.-Nivel de acuerdo de los participantes respecto a la utilidad percibida e impacto esperado de la tecnología de extracción de bixina. . Los valores corresponden al porcentaje de participantes que respondieron "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" (n = 51).

En la Figura 8, los miembros de la cooperativa perciben un potencial de mejora en ingresos, a pesar de este resultado, presentan preocupaciones por los costos de implementación. Por lo tanto, la transferencia tecnológica está sujeta por los factores económicos. A pesar de los resultados, donde las condiciones para realizar la transferencia tienen grandes beneficios.

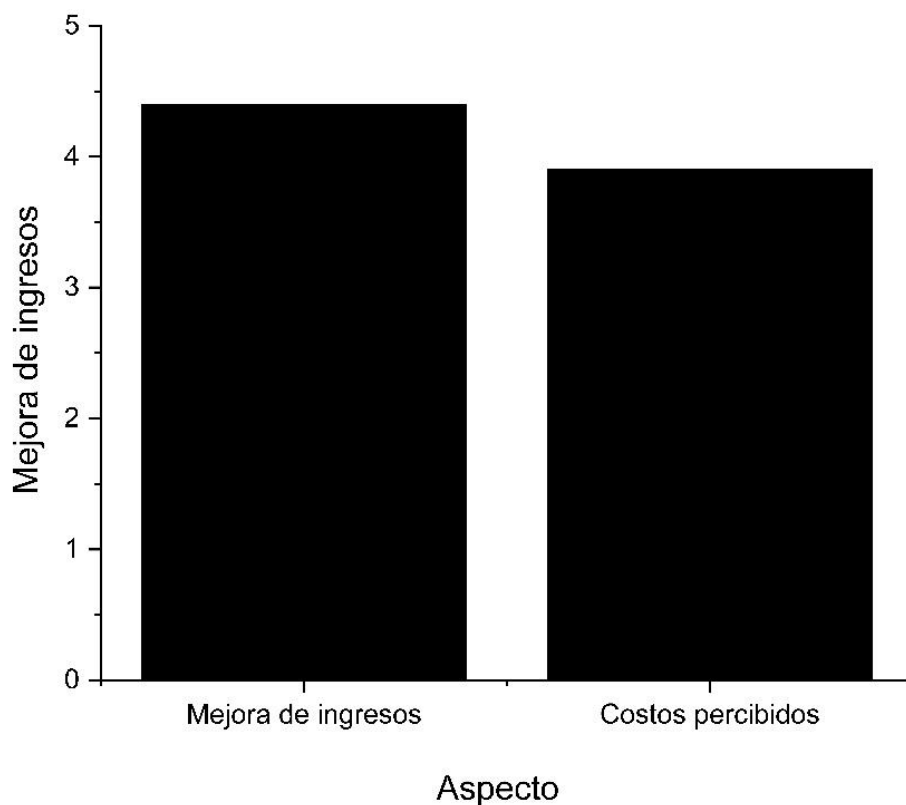


Figura 8.-Percepción de ingresos y costos asociados a la tecnología.

Los resultados evidencian que la transferencia de la tecnología de extracción del colorante ha sido bien recibida. Sin embargo, el proceso aún se encuentra en una fase de apropiación parcial, debido a limitaciones en el conocimiento técnico y en las

condiciones operativas. Por lo tanto, la tecnología dependerá del fortalecimiento de capacidades técnicas, la disponibilidad de recursos y el acompañamiento institucional, elementos clave para garantizar su sostenibilidad en el contexto de la cooperativa.

El proceso de transferencia tecnológica a la implementación del método de extracción, incluyó actividades de capacitación y acompañamiento con los miembros de la cooperativa. Estas sesiones permitieron explicar el procedimiento, resolver dudas y fomentar la participación activa de los productores.

Las evidencias fotográficas (Figura 9)muestran que los miembros de la cooperativa participaron de manera activa en las reuniones, lo que indica una disposición favorable hacia la adopción de la tecnología. Este tipo de interacción es fundamental en procesos de transferencia tecnológica en zonas rurales, ya que facilita la apropiación del conocimiento y su adaptación a las condiciones locales. Así mismo, la transferencia de la tecnología puede considerarse no solo como un proceso técnico, sino como un proceso social, en el cual la participación y el aprendizaje colectivo juegan un papel clave en su implementación.



Figura 9.-Capacitación de la transferencia de tecnología. a) Técnica montada en el laboratorio. b) entrega de resultados

4.5.- Impacto desde la ESS

El análisis del proceso de transferencia de tecnología para la extracción de bixina en la cooperativa de Soltepec permite evaluar resultados técnicos y económicos, además permite comprender sus implicaciones desde el enfoque de la Economía Social y Solidaria. Desde esta perspectiva, el impacto de la tecnología se manifiesta en distintos niveles, abarcando dimensiones sociales, organizativas y productivas que inciden directamente en el desarrollo local.

En primer lugar, la implementación de esta tecnología presenta un potencial relevante en la generación de empleo comunitario. Aunque el proceso aún se encuentra en una etapa inicial, la incorporación de actividades relacionadas con la transformación del achiote permite diversificar las fuentes de ingreso dentro de la comunidad. La FAO (2022) señala que la agro industrialización a pequeña escala contribuye a la generación de empleo rural y al fortalecimiento de economías locales. Por otra parte, la distribución colectiva de beneficios constituye un elemento central dentro del modelo cooperativo. A diferencia de esquemas productivos convencionales, la organización cooperativa permite que los beneficios derivados del valor agregado se compartan entre sus miembros. De acuerdo con International Labour Organization (2021), las cooperativas fortalecen la equidad económica al promover la distribución justa de ingresos y la participación activa de los socios en la toma de decisiones.

Asimismo, la transformación del achiote y la posible comercialización de bixina generan condiciones favorables para la reducción de la pobreza rural. Al incrementar el valor del producto y mejorar la capacidad de negociación, los productores pueden acceder a mayores ingresos. Por otra parte, World Bank (2020) destaca que la incorporación de valor agregado en cadenas agroalimentarias es una estrategia clave para mejorar los medios de vida en zonas rurales.

Se observa un fortalecimiento de la organización cooperativa, donde los resultados obtenidos muestran altos niveles de participación e intención de adopción tecnológica, lo que refleja una base organizativa sólida. En relación con esto, Ruzzante S. et al. (2021) afirman que la adopción de tecnologías en contextos rurales depende en gran medida de la cohesión social, la confianza y la participación de los actores involucrados, así

mismo, la implementación de esta tecnología implica considerar el uso responsable de recursos y el manejo adecuado de residuos, especialmente por el uso de solventes. En este sentido, United Nations Environment Programme (2021) enfatiza la importancia de adoptar prácticas de producción más limpias que permitan reducir el impacto ambiental en procesos agroindustriales.

Por otra parte, la soberanía productiva se fortalece a medida que los productores adquieren control sobre sus procesos productivos. Al contar con herramientas para evaluar la calidad del achiote y transformarlo, la cooperativa reduce su dependencia de intermediarios. De acuerdo con José Luis Coraggio (2011), el fortalecimiento de capacidades locales es fundamental para construir procesos económicos más autónomos dentro de la ESS.

Finalmente, la inclusión social, especialmente de productores indígenas, representa un aspecto clave en este proceso. La participación activa en la transferencia tecnológica permite integrar conocimientos tradicionales con saberes técnicos. CEPAL (2020) señala que la inclusión productiva es un factor determinante para reducir desigualdades en comunidades rurales.

Los resultados evidencian que la transferencia de tecnología de extracción de bixina no solo tiene un impacto económico, sino que también contribuye al fortalecimiento social, organizativo y productivo de la cooperativa. Por lo tanto, su implementación se posiciona como una estrategia integral para impulsar el desarrollo local bajo el enfoque de la Economía Social y Solidaria.

4.6.- Sustentabilidad y medio ambiente

El proceso de extracción de bixina en la cooperativa de Soltepec, basado en el uso de hidróxido de potasio (Tabla 13), requiere una atención particular en los aspectos ambientales y de seguridad, debido a la naturaleza química del reactivo utilizado. Aunque este método permite obtener el pigmento de manera eficiente, su manejo implica riesgos que deben ser controlados para evitar afectaciones al entorno y a la salud de los productores.

La evaluación del nivel de toxicidad e impacto ambiental de los reactivos utilizados en el proceso de extracción de bixina muestra que el hidróxido de potasio representa el principal riesgo, debido a su carácter altamente alcalino y corrosivo. De acuerdo con United Nations Environment Programme (2021), los residuos químicos provenientes de procesos productivos deben ser neutralizados antes de su disposición final, con el fin de evitar impactos negativos en los ecosistemas. La Food and Agriculture Organization (2022) señala que los sistemas agroindustriales deben implementar prácticas que reduzcan la liberación de sustancias químicas al ambiente, promoviendo un uso controlado y responsable de los insumos. Por otro lado, el aceite de ricino y el agua destilada presentan niveles mínimos de riesgo, lo que indica que el proceso, en general, puede considerarse controlable desde el punto de vista ambiental, siempre que se implementen medidas adecuadas de manejo y tratamiento de residuos.

Finalmente, el residuo de KOH, puede ser aprovechado en procesos de saponificación utilizando aceites vegetales como el aceite de ricino, lo que permite generar subproductos como jabón líquido, contribuyendo a un esquema de economía circular.

Tabla 8.-Impacto Ambiental

Sustancia / Material	Tipo de riesgo principal	Nivel de toxicidad (1–5)*	de Impacto ambiental (1–5)**	Observaciones
Hidróxido de potasio (KOH)	Corrosivo, irritante para piel y ojos	5	4	Puede alterar pH de agua y suelo si no se neutraliza
Aceite de ricino	Bajo riesgo, biodegradable	1	1	Considerado seguro, origen vegetal
Agua destilada	Sin riesgo	0	0	No genera impacto

Material de vidrio	Riesgo físico (cortes, manejo)	1	0	Reutilizable, sin impacto químico
Solución residual (mezcla)	Alcalinidad + materia orgánica	3	3	Requiere tratamiento antes de desechar

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la transferencia de tecnología para la extracción del colorante de las semillas representa una oportunidad de crecimiento para la Cooperativa de Soltepec. La introducción del achiote como cultivo alternativo ante la crisis citrícola puede resultar viable. Por lo tanto, la transferencia de tecnología permitirá entregar una metodología segura y rápida para conocer la calidad de su producto. Y mediante estos resultados demuestra que el acompañamiento en el sector rural, puede fortalecer las capacidades locales, con el fin de, mejorar los ingresos de las familias y contribuir a la consolidación de una economía social y solidaria en la región de Chicontepec.

BIBLIOGRAFIA

- Agudelo Patiño, T., Poveda-Giraldo, J. A., Salas Moreno, M. H., Rengifo Mosquera, G., & Cardona Alzate, C. A. (2023). *Potential for sustainable production of natural colorants in the tropical forest: A biorefinery case of annatto seeds*. *Sustainability*, 15(4), 3079. <https://doi.org/10.3390/su15043079>
- Aluko, E. (2024). *Ethanol-based extraction of annatto (Bixa orellana L.) and characterization of the bixin and norbixin*. *ACS Omega*, 9, 18273–18277. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c10120>
- Birchall, J., & Ketilson, L. H. (2021). *Resilience of the cooperative business model in times of crisis*. International Labour Organization. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12345>
- Birchall, J. (2009). *Resilience of the Cooperative Business Model in times of crisis*. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/331939600>
- Cárdenas-Toro, F. P., Meza-Coaquira, J. H., Nakama-Hokamura, G. K., & Zobot, G. L. (2024). Obtaining Bixin- and Tocotrienol-Rich Extracts from Peruvian Annatto Seeds Using Supercritical CO₂ Extraction: Experimental and Economic Evaluation. *Foods*, 13(10), 1549. <https://doi.org/10.3390/foods13101549>
- Castro-Vargas, H. I., Rodríguez-Varela, L. I., & Ferreira, S. R. S. (2019). Annatto seeds (*Bixa orellana* L.): Sources, extraction methods, and applications. *Food Research International*, 119, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.060>
- Chicontepec: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública*
| Data México. Data México.
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/chicontepec>
- Da Graça, J. V., & Korsten, L. (2004). Citrus Huanglongbing: Review, Present status and Future Strategies. In *Springer eBooks* (pp. 229–245). https://doi.org/10.1007/1-4020-2606-4_4

- David, S. J., Julián, G. C., Liliana, V. C., Ayala-Aponte, A. A., & Liliana, S. (2021). Kinetics and bixine extraction time from achiote (*Bixa Orellana* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1239–1246. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05209-y>
- De Loera Carrera, D. A., De León Rodríguez, A., De, L. C. D. A., & De, L. R. A. (2023, July 1). *Caracterización del extracto de bixina según el método de obtención a partir de la semilla de bixa orellana linn (achiote), y estudios de su estabilidad foto y sonoquímica*. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/8345>
- Devia, P.J.E. y C.L. Saldarriaga. 2003. Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (*Bixa orellana* L). *Revista Universidad EAFITt*. 39 (131), 8-22
- Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). ***Gestión de enfermedades en cítricos***. Recuperado de [sitio web de FAO](<http://www.fao.org>).
- García, J., Ramírez, L., & Torres, M. (2023). *Soil and climatic requirements for Bixa orellana cultivation*. *Agricultural Science and Technology Journal*, 15(2), 104-115. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05672-8>
- Godoy-Hernández G. 2012. Protocolo de regeneración de *Bixa orellana* L. (Achiote) a partir de hipocótilos de plantas germinadas in vitro. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. 15p.
- González, R., & Martínez, L. (2021). *Post-harvest handling and storage of annatto seeds*. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 12(3), 197-209. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2021.100101>
- González, R., & Torres, M. (2022). *Impact of Educational Technologies on Cooperative Management: A Case Study*. *International Journal of Cooperative Studies*, 41(2), 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.ijcs.2022.01.007>
- Graham, J., Gottwald, T., & Setamou, M. (2020). Status of Huanglongbing (HLB) outbreaks in Florida, California and Texas. *Tropical Plant Pathology*, 45(3), 265–278. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00335-y>

- Guarín Manrique, L. D., & Martínez Ardila, H. E. (2022). *La intermediación en los sistemas de innovación agroindustrial. Cuadernos de Desarrollo Rural*, 19(1).
- Guerrero-Lagunes, L. A., Cadena-Íñiguez, J., Salazar-Aguilar, S., & Ruiz-Posadas, L. del M. (2024). Conservación ex situ del recurso genético de achiote (*Bixa orellana* L.) en San Juan Comaltepec, Oaxaca. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.42>
- Hernández, J., Vázquez, M., & Rivera, N. (2020). *Integrated pest management strategies for annatto (Bixa orellana) cultivation*. *Journal of Pest Management*, 26(1), 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.jpm.2020.01.005>
- Huamán, Oscar, Sandoval, Miguel, Arnao, Inés, & Béjar, Elsa. (2009). Antiulcer effect of lyophilized hydroalcoholic extract of *Bixa orellana* (annatto) leaves in rats. *Anales de la Facultad de Medicina*, 70(2), 97-102. Recuperado en 24 de mayo de 2024, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832009000200003&lng=es&tlng=en.
- Isiordia-Lachica, M., Vargas-Canales, J. M., & Sánchez-Gómez, J. (2020). Transferencia de tecnología en sistemas agroalimentarios: Un enfoque desde la innovación rural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1023–1035.
- Isiordia-Lachica, P. C., Valenzuela, A., Rodríguez-Carvajal, R. A., Hernández-Ruiz, J., & Romero-Hidalgo, J. A. (2020). Identification and analysis of technology and knowledge transfer experiences for the Agro-Food sector in Mexico. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 6(3), 59. <https://doi.org/10.3390/joitmc6030059>
- Jayakumar, J., Sudha, P., Rajkumar, P., Pandiselvam, R., Gurusamy, K., Kumaran, K., & Subramanian, P. (2023). Comparative study on the effect of solvents on extraction of bixin from annatto seed (*Bixa orellana* L.) and optimization of process parameters using Box–Behnken design. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(16), 19863–19874. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04071-6>
- Jayakumar, J., Sudha, P., Rajkumar, P., Pandiselvam, R., Gurusamy, K., Kumaran, K., & Subramanian, P. (2024). *Comparative study on the effect of solvents on extraction of bixin from annatto seed (Bixa orellana L.) and optimization of process parameters using Box–*

Behnken design. Biomass Conversion and Biorefinery, 14, 19863–19874.
<https://doi.org/10.1007/s13399-023-04071-6>

Jayakumar, R., Prabhu, S., & Nair, S. (2024). Extraction and characterization of bixin from annatto seeds (*Bixa orellana* L.) using different solvents. *Journal of Food Science and Technology*, 61(2), 456–465. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05821-4>

López, A., Hernández, P., & Gómez, S. (2021). *Propagation techniques and the role of mycorrhizae in annatto cultivation*. *Journal of Tropical Crop Science*, 9(4), 243-256.
<https://doi.org/10.1016/j.jtcs.2021.07.009>

Luna-Finkler, C. L., Da C Gomes, A., De Aguiar Júnior, F. C. A., Ribeiro, E., De Melo Barbosa, R., Severino, P., Santini, A., & Souto, E. B. (2024). From Extraction to Stabilization: Employing a 22 Experimental Design in Developing Nutraceutical-Grade Bixin from *Bixa orellana* L. *Foods*, 13(11), 1622. <https://doi.org/10.3390/foods13111622>

Lv, D., Dai, C., Wang, M., Chen, H., & Guan, Y. (2022). *Self-emulsifying transparent nanoemulsion to improve 9'-cis-bixin photo stability in aqueous solution by Tween 20 and lecithin*. *Food Biophysics*, 17(4), 545–556. <https://doi.org/10.1007/s11483-022-09741-y>

Martínez, V. A., & Pérez, T. G. (2020). *Strategies for Optimizing Technology Transfer from Academia to Cooperatives*. *Journal of Cooperative Studies*, 38(3), 187-199.
<https://doi.org/10.1016/j.jcoopstud.2020.03.004>

México PueblosAmerica. (2024, May 29). *Soltepec (Veracruz)*.
[mexico.PueblosAmerica.com. https://mexico.pueblosamerica.com/i/soltepec-3/](https://mexico.pueblosamerica.com/i/soltepec-3/)

Puri, S., Mandal, S. K., Jain, H., Sharma, P. K., & Deepa, P. R. (2024). *Comparative bioactivity assessment of bixin pigment and associated phytochemicals extracted from annatto seeds using conventional and green solvents*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 32(2), 168–183. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.3500>

Ramírez, L., & Fernández, J. (2021). *Barriers and Enablers of Technology Transfer in Educational Contexts*. *Technology in Society*, 66, 101672.
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101672>

Reina, A., Meza, J., Intriago-Mendoza, F., Torres-Avellán, D., Extracción de Aceite de achiote mediante soxhlet, evaluación de su composición Química. I. Reincisol, 3(5), pp. 440-456.

Rivera-Madrid, R. (2021). *La cadena de valor del achiote (Bixa orellana) detrás del avance científico y tecnológico. Desde el Herbario CICY*, 13, 222–226. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2021/2021-11-18-Rivera-Madrid-La-cadena-de-valor-del-achiote.pdf

Rodríguez, E., & Pérez, C. (2022). *Organic fertilization and its impact on Bixa orellana yield and soil health*. Sustainable Agriculture Reviews, 54, 89-102. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01025-7>

Ruiz-Posadas, L. del M., Guerrero-Lagunes, L. A., Cadena-Íñiguez, J., & Salazar-Aguilar, S. (2024). Transferencia de tecnología a los productores de Bixa orellana en San Juan Comaltepec, Oaxaca. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.43>

Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technologies: The role of social networks and extension services. *Agricultural Systems*, 189, 103035. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103035>

Sanchez-Sanchez, S. (2019). Extracción de bixina de tres variedades de achiote (Bixa orellana L.) utilizando tres solventes. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Santos, F. J., Guzmán, C., & Ahumada, P. (2024). *Assessing the digital transformation in agri-food cooperatives and its determinants*. Journal of Rural Studies, 105, 103168. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103168>

Scotter, M. J. (2009). The chemistry and analysis of annatto food colouring: A review. *Food Additives & Contaminants*, 26(8), 1123–1145. <https://doi.org/10.1080/02652030902942873>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). ****Informe Anual de Producción Agrícola****. Recuperado de [sitio web de SADER](https://www.gob.mx/sader).

Secretaría de Economía. (s. f.). *Chicontepepec: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México*. Recuperado el 23 de marzo de 2026, de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/chicontepepec>

SEGURA RAMIREZ, Wilson Saúl y HUANCA GUARACHI, Lizbeth Noelia. Effect of the use of annatto flour (*Bixa orellana* L.) as a natural pigment in hens of the Isa Brown line to improve the productive parameters and egg quality, at the Cota Cota Experimental Center. *Apthapi* [online]. 2024, vol.10, n.2 [citado 2025-01-08], pp. 1-12 . Disponible en: <http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-93822024000200003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2519-9382.

Silva, A., & Rodríguez, P. (2022). *Economic impact and applications of annatto in the global market*. Journal of Natural Products and Resources, 18(2), 115-129. <https://doi.org/10.1016/j.jnpr.2022.04.005>

Soto-Lorza, G., Pérez-García, S. A., & López-Malo, A. (2022). Stability of carotenoids and color in annatto (*Bixa orellana* L.) during storage and processing. *Food Chemistry*, 374, 131742. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131742>

Soto-Lorza, J. D., Giraldo-Cuartas, C. J., Vargas-Serna, C. L., Ayala-Aponte, A. A., & Serna-Cock, L. (2022). *Kinetics and bixine extraction time from achiote (Bixa orellana L.)*. Journal of Food Science and Technology, 59(3), 1239–1246. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05209-y>

Sudha, P., Manoja, V., Deepa, J., Jayakumar, J., Ganga Kishore, S., & Pandiselvam, R. (2024). *Optimization of microwave-assisted aqueous extraction of pigments from annatto seeds using Box–Behnken design*. Biomass Conversion and Biorefinery, 14, 18775–18788. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04046-7>

Vargas-Canales, J. M. (2023). Technological capabilities for the adoption of new technologies in the Agri-Food sector of Mexico. *Agriculture*, 13(6), 1177. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061177>

Isabel, I. J., & Tatiana, J. V. (2019). *Evaluación del proceso de extracción alcalina de bixina de semillas de achote (Bixa orellana)*.
<https://repository.eafit.edu.co/entities/publication/cc707ead-3a98-44c4-96c4-994acc2d5e16>

- José Luis Coraggio (2011). *Economía social y solidaria: El trabajo antes que el capital*. Ediciones Abya-Yala.
- John Birchall, & Lou Hammond Ketilson (2009). *Resilience of the cooperative business model in times of crisis*. International Labour Organization.
- Luis Razeto (2010). *La economía de solidaridad: concepto, realidad y proyecto*. Ediciones Universidad Bolivariana.
- Francisco Alburquerque (2004). *Desarrollo económico local y descentralización en América Latina*. CEPAL.
- Víctor Manuel Toledo (2013). *El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica*. Icaria Editorial.
- Frank Moulaert, MacCallum, D., Mehmood, A., & Hamdouch, A. (2013). *The international handbook on social innovation*. Edward Elgar Publishing.
- Ernst Friedrich Schumacher (1973). *Small is beautiful: Economics as if people mattered*. Harper & Row.
- Renato Dagnino (2010). *Tecnología social: ferramenta para construir outra sociedade*. Editora Unicamp.
- Barry Bozeman (2000). Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 29(4–5), 627–655.
[https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- Everett Rogers (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Robert Chambers (1983). *Rural development: Putting the last first*. Longman.

- Isiordia-Lachica M., Vargas-Canales, J. M., & Sánchez-Gómez, J. (2020). Transferencia de tecnología en sistemas agroalimentarios: Un enfoque desde la innovación rural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1023–1035.
- Michael Porter (1990). *The competitive advantage of nations*. Free Press.
- Rivera-Madrid R. (2021). La cadena de valor del achiote (Bixa orellana) detrás del avance científico y tecnológico. *Desde el Herbario CICY*, 13, 222–226.
- Michael Scotter (2009). The chemistry and analysis of annatto food colouring: A review. *Food Additives & Contaminants*, 26(8), 1123–1145. <https://doi.org/10.1080/02652030902942873>
- Vargas-Canales J. M. (2023). Technological capabilities for the adoption of new technologies in the agri-food sector of Mexico. *Agriculture*, 13(6), 1177. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061177>
- □ FAO. (2022). *The State of Food and Agriculture 2022*. Food and Agriculture Organization.
- □ International Labour Organization (ILO). (2021). *Cooperatives and the world of work*.
- □ World Bank. (2020). *Agricultural value chains and rural development*.
- □ Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technologies. *Agricultural Systems*, 189, 103035.
- □ United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). *Sustainable food systems and agriculture*.
- □ Coraggio, J. L. (2011). *Economía social y solidaria*.
- □ CEPAL. (2020). *Inclusión social y desarrollo productivo en América Latina*.

- □ Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 29(4–5), 627–655.
[https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- □ Chambers, R. (1983). *Rural development: Putting the last first*. Longman.
- □ Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.