

Análisis de la recuperación de excedentes agrícolas en Antioquia, Colombia 2018–2024

Analysis of the Recovery of Agricultural Surpluses in Antioquia, Colombia, 2018–2024

Santiago Gómez-Velásquez¹, María Alejandra Agudelo-Martínez^{1*}, María Julieta Avendaño-López¹, Angie Julieth Santamaría-García², Nathalia Varela-García¹

¹ Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Medellín, Colombia.

² ABACO – Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia, Bogotá, Colombia.

*Correspondencia: Correo electrónico: magudelo@ces.edu.co (María Alejandra Agudelo Martínez)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v20i1.2136>

Recibido: 28 de octubre de 2025; Aceptado: 19 de febrero de 2026

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. Armando Quintero-Ramos

Resumen

A nivel mundial, cada año se pierden o desperdician de 1.050 a 1.300 millones de toneladas de alimentos. La recuperación de excedentes es una estrategia clave para la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, y la seguridad alimentaria y nutricional de poblaciones vulnerables. El objetivo de esta investigación fue analizar las tendencias de recuperación en el departamento de Antioquia, Colombia, con datos de la Fundación SACIAR (programa REAGRO), caracterizando dinámicas por tipo de alimento, temporalidad y distribución territorial. Se realizó un estudio observacional y analítico con información secundaria del programa REAGRO, siguiendo criterios STROSA para garantizar la calidad del dato. El análisis estadístico y gráfico se desarrolló en Python (3.11) mediante las librerías pandas, matplotlib y seaborn; se aplicó un modelo SARIMA para predecir el comportamiento futuro de la recuperación. Se identificaron patrones estacionales con picos entre febrero-mayo y octubre, y menor recuperación en agosto-septiembre. Frutas y tubérculos (especialmente banano y zanahoria) representaron los mayores volúmenes. Los resultados evidencian oportunidades para la valorización tecnológica de excedentes y el fortalecimiento de estrategias territoriales en seguridad alimentaria.

Palabras clave: desperdicio de alimentos, excedente de alimentos, seguridad alimentaria, sistema agroalimentario sostenible, suministro de alimentos

Abstract

Globally, between 1.05 and 1.3 billion tonnes of food are lost or wasted annually. Food surplus recovery is a key strategy for the sustainability of agri-food systems and the food and nutritional security of vulnerable populations. The objective of this research was to analyze recovery trends in the department of Antioquia, Colombia, using data from the SACIAR Foundation (REAGRO program), characterizing dynamics by food type, seasonality, and territorial distribution. An observational and analytical study was conducted using secondary information from the REAGRO program, following STROSA criteria to ensure data quality. Statistical and graphical analysis was developed in Python (3.11) using the pandas, matplotlib, and seaborn libraries; a SARIMA model was applied to predict future recovery behavior. Seasonal patterns were identified with peaks between February-May and October, and lower recovery in August-September. Fruits and tubers (especially bananas and carrots) accounted for the highest volumes. The results highlight opportunities for the technological valorization of surpluses and the strengthening of territorial food security strategies.

Keywords: food waste, food surplus, food security, sustainable agri-food system, food supply

1. Introducción

La seguridad alimentaria y nutricional es un desafío global que abarca el acceso, la disponibilidad y la utilización de alimentos suficientes, seguros y nutritivos para garantizar una vida saludable. Sin embargo, uno de los principales obstáculos para alcanzarla es la pérdida y desperdicio de alimentos, un problema que afecta tanto a países desarrollados como en desarrollo. A nivel mundial, se estima que aproximadamente un tercio de los alimentos producidos para consumo humano se pierde o desperdicia cada año, lo que equivale entre 1.050 a 1.300 millones de toneladas (Brennan y Browne, 2021; United Nations Environment Programme, 2024). Esta pérdida o desperdicio no solo representa una pérdida económica significativa, sino que también agrava la inseguridad alimentaria al reducir la disponibilidad de alimentos para las poblaciones más vulnerables.

La pérdida de alimentos ocurre en las etapas iniciales de la cadena de suministro —desde la producción, postcosecha, almacenamiento y procesamiento—, mientras que el desperdicio se presenta en las etapas finales, como la distribución y el consumo. En los países de ingresos altos, la mayor parte del desperdicio ocurre en los niveles de consumo y distribución, principalmente debido a prácticas ineficientes de compra, almacenamiento y uso de los alimentos en los hogares y restaurantes. En contraste, en los países de ingresos bajos y medianos, las pérdidas suelen concentrarse en las primeras etapas de la cadena de suministro, particularmente debido a deficiencias en infraestructura, refrigeración y transporte (Caldeira et al., 2019; Brennan y Browne, 2021).

Además del impacto en la seguridad alimentaria y nutricional, la pérdida y el desperdicio de alimentos tienen consecuencias ambientales y económicas significativas. La producción de estos alimentos requiere grandes cantidades de agua, tierra, energía y otros recursos naturales, lo que genera una huella ecológica considerable. De acuerdo con Sarangi et al. (2024), la reducción de la pérdida y desperdicio de alimentos no solo podría mejorar la seguridad alimentaria y nutricional

global, sino también contribuir a mitigar el cambio climático y reducir la presión sobre los sistemas agrícolas.

En Colombia, la situación es igualmente preocupante. Según el Departamento Nacional de Planeación (2016), se pierden y desperdician anualmente alrededor de 9,76 millones de toneladas de alimentos, lo que representa aproximadamente el 34 % de la oferta nacional disponible. Este fenómeno es alarmante si se considera que, de acuerdo con el Programa Mundial de Alimentos (2023), cerca de 15,5 millones de colombianos se encuentran en inseguridad alimentaria, de los cuales 2,1 millones están en situación severa y 13,4 millones en situación moderada. Esta dualidad entre abundancia y carencia subraya la necesidad de implementar estrategias efectivas para reducir el desperdicio y mejorar la distribución de alimentos en el país.

Considerando este panorama, la recuperación de alimentos emerge como una estrategia clave para abordar este desafío. Este enfoque busca aprovechar los excedentes agrícolas generados a lo largo de la cadena agroalimentaria, evitando que productos aptos para el consumo humano terminen desechados. Los bancos de alimentos desempeñan un papel fundamental en este proceso al articular la oferta de alimentos excedentes con la demanda de instituciones de asistencia social, optimizando la logística de recolección, almacenamiento y distribución. Su función se alinea con políticas públicas orientadas a combatir la desnutrición y promover modelos de economía circular y sistemas agroalimentarios sostenibles; en el caso de la Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (ABACO) la red promueve el rescate de los excedentes alimentarios del sector agropecuario, industrial, comercial, hotelero, restaurantes, y personas locales; garantizando su distribución a población en situación de vulnerabilidad. (Alzate Yepes y Orozco Soto, 2021; ABACO Colombia, 2026).

Antioquia, uno de los principales departamentos productores de alimentos en Colombia, enfrenta desafíos significativos en términos de seguridad alimentaria y nutricional. Según informes recientes, aproximadamente el 40 % de las familias antioqueñas experimentan algún grado de inseguridad alimentaria. Esta situación es especialmente preocupante en Medellín, donde se estima que diariamente se desechan alrededor de 865 toneladas de comida, configurando una relación paradójica entre disponibilidad y escasez de alimentos. Este desbalance no solo evidencia fallas en los sistemas de distribución y aprovechamiento de excedentes, sino que posiciona la recuperación de alimentos como un componente estratégico para articular políticas públicas de seguridad alimentaria, sostenibilidad ambiental y eficiencia del sistema agroalimentario. Fortalecer estos mecanismos no constituye únicamente una acción compensatoria, sino una intervención estructural con potencial para reducir pérdidas, mejorar el acceso a alimentos y mitigar simultáneamente impactos sociales y ambientales en la región. (FAO, FIDA, OPS, PMA y UNICEF, 2023; Gobernación de Antioquia, 2023; Caja de Compensación Comfama, 2025).

La recuperación de excedentes agrícolas se entiende como el conjunto de procesos mediante los cuales alimentos aptos para el consumo humano, pero excluidos de los canales comerciales convencionales por razones de sobreproducción, criterios estéticos, fluctuaciones de mercado o limitaciones logísticas, son rescatados y reinsertados en circuitos de aprovechamiento social. En el caso del programa REAGRO del Banco de Alimentos Fundación SACIAR, este proceso se basa principalmente en la donación voluntaria de productores agrícolas, complementada por acciones de acopio, clasificación, almacenamiento y redistribución realizadas por la fundación hacia organizaciones sociales y poblaciones en situación de vulnerabilidad. Esta estrategia busca reducir

pérdidas a lo largo de la cadena agroalimentaria, mejorar el acceso a alimentos y contribuir a la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar la recuperación de excedentes agrícolas en Antioquia a partir de la información del programa REAGRO del Banco de Alimentos Fundación SACIAR. Mediante un enfoque cuantitativo, se identifican patrones de recuperación por tipo de alimento, municipios de origen y periodos de cosecha, con el fin de caracterizar las dinámicas territoriales de recuperación y aportar evidencia que contribuya al diseño de políticas públicas y estrategias sostenibles. Se plantea como hipótesis que la recuperación de excedentes presenta patrones estacionales y geográficos definidos, cuya comprensión puede fortalecer la seguridad alimentaria regional y optimizar el aprovechamiento de los recursos agroalimentarios.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

El estudio utilizó información secundaria proveniente de las bases de datos suministradas por la Fundación SACIAR y la Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (ABACO), entidades responsables de la operación del programa REAGRO en el departamento de Antioquia.

Estas bases contenían información detallada sobre los productos alimentarios recuperados entre 2018 y 2024, incluyendo: tipo de alimento (Condimentos, Frutas, Granos, Tubérculos, raíces y plátanos; Verduras y hortalizas), cantidad (en toneladas), municipio o subregión de procedencia, fecha de recuperación y beneficiario final.

En total se analizaron 36.979 registros que consolidan la información de las actividades de recuperación realizadas en la región.

2.2 Métodos

Procedimiento experimental

Se desarrolló un estudio observacional, analítico, transversal y de fuente secundaria, cuyo propósito fue evaluar los patrones de recuperación de alimentos agrícolas registrados en el programa REAGRO en el departamento de Antioquia (Colombia).

Aspectos éticos

El estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Investigación e Innovación de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos de la Universidad CES, y posteriormente avalado por el Comité de Ética de la misma institución.

De acuerdo con los lineamientos éticos colombianos para investigaciones con datos secundarios (Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia), fue clasificado como un estudio sin riesgo. Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de la información analizada.

Diseño experimental y análisis de datos

Dado que se trata de un análisis de datos secundarios, se empleó como marco de referencia la guía STROSA (STandardized Reporting Of Secondary data Analyses), que proporciona lineamientos para asegurar la calidad, trazabilidad y transparencia en el uso de información secundaria (Swart et al., 2016). Esta guía fue aplicada en la validación estructural de la base de datos y en los procesos de limpieza, filtrado y tratamiento estadístico.

El análisis se efectuó utilizando el software Python (versión 3.11) con las bibliotecas pandas, matplotlib y seaborn para el procesamiento y visualización de los datos. Inicialmente, se realizó la estandarización de variables, homogeneización de categorías, corrección de errores de digitación y tratamiento de valores faltantes. Posteriormente, los datos se agruparon por mes y categoría de alimento, calculándose las frecuencias absolutas y relativas de recuperación, así como los promedios mensuales en toneladas.

El conjunto de datos fue sometido a un proceso de verificación preliminar en el cual se evaluó la presencia de valores faltantes y la consistencia de las variables estructurales. No se identificaron valores perdidos (NA) en las variables de fecha, categoría o cantidad recuperada, por lo que no fue necesario aplicar imputación ni eliminar registros. La inspección de valores extremos mediante boxplots y revisión cronológica reveló fluctuaciones que corresponden a picos reales de recuperación asociados a variabilidad operativa, por lo que no se aplicaron procedimientos de corrección o filtrado de outliers.

Se construyó una serie de tiempo mensual con los datos de toneladas totales recuperadas entre 2018 y 2024. La estructura de la serie fue analizada mediante descomposición aditiva en tendencia, estacionalidad y componente irregular. Posteriormente, se compararon los modelos Holt-Winters y SARIMA, incorporando estacionalidad anual (12 meses), seleccionando el modelo con mejor ajuste según el error cuadrático medio (RMSE). El modelo SARIMA ajustado fue empleado para proyectar el comportamiento mensual de recuperación durante el año 2025.

La información se representó mediante tres tipos principales de gráficos:

1. **Gráfico de barras apiladas por categoría de alimento** (frutas, verduras, tubérculos, granos y condimentos), mostrando la distribución porcentual mensual junto con una línea de tendencia que representa el promedio mensual total recuperado (en toneladas).
2. **Gráfico de barras apiladas por producto específico**, centrado en los cinco alimentos más recuperados (banano, zanahoria, aguacate Hass, naranja y granadilla), con un orden fijo de visualización y una línea de tendencia que refleja el promedio mensual conjunto de estos productos.
3. **Gráficos de tendencia lineal** para la evaluación de supuesto en el modelo de series de tiempo.

En cuanto a la dimensión territorial, la base de datos original proveniente del sistema de información de REAGRO incluye un conjunto de registros donde el origen del alimento no se reporta a nivel municipal, sino como una subregión agregada, especialmente en las categorías “Urabá” y “Norte”. Estas agregaciones territoriales provienen directamente del sistema de registro y no de decisiones analíticas de los autores. Por esta razón, y con el fin de preservar la trazabilidad de la información original, no se realizaron desagregaciones ni reclasificaciones adicionales, y los valores fueron mantenidos exactamente como fueron reportados por las fuentes operativas. Esta decisión evitó introducir supuestos no verificables sobre la redistribución municipal de los volúmenes recuperados y garantiza la reproducibilidad del análisis al conservar la estructura territorial original. Además, dado que el propósito del modelo de series de tiempo fue estimar el comportamiento agregado mensual total de recuperación a nivel departamental, estas agregaciones no interfieren con la validez del análisis formal.

Con la finalidad de garantizar la trazabilidad y la reproducibilidad del análisis, todos los datos utilizados en este estudio fueron depositados en un repositorio de acceso abierto en Zenodo. El cual se encuentra disponible públicamente bajo el DOI: 10.5281/zenodo.17644284, lo que permite la verificación independiente del proceso analítico y facilita su reutilización en investigaciones futuras. En particular, la información analizada corresponde a registros operativos agregados, lo que impide la identificación de algunos determinantes individuales o municipales en los casos donde el origen del alimento se reporta a nivel de subregión. Adicionalmente, al tratarse de un análisis retrospectivo basado en datos secundarios, los resultados dependen de la calidad y consistencia del sistema de registro original. Estas limitaciones, sin embargo, no comprometen la validez del análisis temporal agregado, pero deben ser consideradas al interpretar los resultados y al extrapolar los hallazgos a otros contextos territoriales.

Todos los resultados fueron expresados gráficamente con interpretación estadística orientada a identificar patrones de recuperación estacionales, territoriales y por tipo de alimento, así como su potencial aprovechamiento en estrategias de seguridad alimentaria y sostenibilidad agroalimentaria.

3. Resultados y discusión

El análisis porcentual mensual de la recuperación de alimentos por categoría evidenció comportamientos estacionales posiblemente coincidentes con periodos de cosecha marcados a lo largo del año (Fig. 1). Los puntos más bajos de recolección se presentaron en enero y febrero, lo cual podría estar asociado a ciclos productivos, climáticos o logísticos que afectan la disponibilidad y recolección de excedentes en esos meses. En contraste, octubre mostró el pico más alto de recuperación total, destacándose como un mes estratégico para la consolidación de excedentes.

Las frutas y los tubérculos, raíces y plátanos dominaron el panorama mensual de recuperación. Su alta participación constante mes a mes refleja no solo su abundancia como excedente agrícola, sino también su potencial nutricional y versatilidad para ser aprovechados. Estos productos, al mantener niveles de recuperación estables y altos, representan una oportunidad clave tanto para el sector público como privado en el desarrollo de productos alimentarios funcionales, suplementos o raciones nutricionales destinadas a poblaciones en situación de inseguridad alimentaria.

El comportamiento estacional identificado sugiere una posible influencia de los ciclos de cosecha. En la literatura se reportan patrones análogos en distintos contextos geográficos. Por ejemplo, en

regiones templadas se observa que los meses de cosecha abundante conllevan mayores excedentes recuperables; un análisis mostró aumentos significativos en el desperdicio de frutas y verduras en verano comparado con invierno debido a la sobreoferta estacional de productos frescos en diferentes países de bajos ingresos (Bisht y Singh, 2024). De manera similar, estudios en países tropicales sugieren que los picos de producción tras las temporadas lluviosas elevan los excedentes, mientras que en los periodos intermedios la oferta disminuye (Zhu et al., 2023).

El patrón de comportamiento mostrado para Antioquia, con un máximo en octubre y con valores un poco menores pero constantes en noviembre y diciembre, podría relacionarse con cosechas de fin de año y también con la demanda variable durante las festividades. Cabe destacar que durante las fiestas navideñas se incrementa el consumo, pero también el desperdicio; estudios señalan aumentos significativos de desperdicio durante las festividades religiosas o culturales debido a compras excesivas y a una menor eficiencia en el consumo (Abdulan et al., 2023; Hassan y Low, 2024).

Los datos revelan que frutas, plátanos y tubérculos conforman la mayor parte de los excedentes agrícolas recuperados con una media de recuperación superior a las 240 toneladas mes a mes, lo cual es consistente con las tendencias globales de pérdidas y desperdicios alimentarios. La FAO y otros organismos internacionales señala que las frutas, verduras y raíces/tubérculos son los alimentos con mayores índices de pérdida postcosecha a nivel mundial, representando aproximadamente el 45–50 % de los alimentos perdidos o desperdiciados (Zhu et al., 2023). En la Unión Europea, por ejemplo, más de la mitad del desperdicio alimentario doméstico corresponde a frutas y vegetales, y a nivel global se estima que cerca del 45 % de las frutas y hortalizas producidas termina desperdiciándose (Lau et al., 2021a).

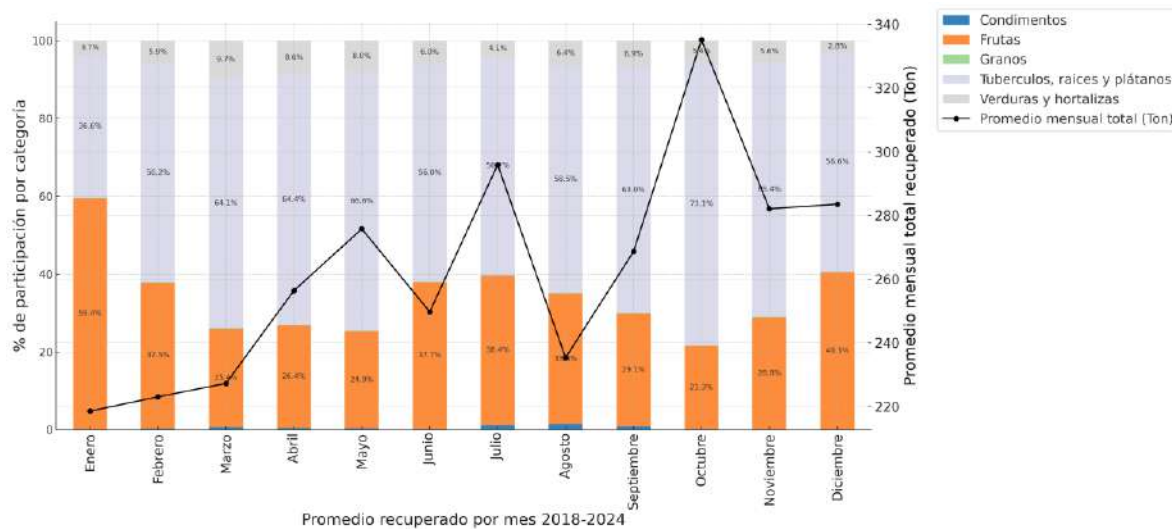


Figura 1. Distribución porcentual de alimentos recuperados por categoría y promedio mensual total (Ton) 2018-2024.

Figure 1. Percentage distribution of recovered foods by category and monthly average total (tonnes) 2018–2024.

Al discriminar según los cinco principales productos recuperados mes a mes (Banano, zanahoria, aguacate, naranja y granadilla), se observaron picos significativos en mayo y octubre, indicando una mayor disponibilidad de este tipo de excedentes en estos meses (Fig. 2). En la tabla 1 se realiza un análisis descriptivo para el comportamiento de las donaciones registradas mes a mes, observando que el banano presentó los valores más altos de donación mensual en comparación con los demás productos, con un promedio de donación de hasta 6,9 toneladas en octubre y un máximo absoluto de 19,83 toneladas en ese mismo mes, superando significativamente los picos de donación de productos como la zanahoria (máximo: 12,87 ton) y la naranja (máximo: 9,56 ton). Este hallazgo evidencia una alta disponibilidad estructural y posiblemente una eficiencia logística en su recuperación, es el principal candidato para estrategias de valorización agroindustrial o formulaciones tecnológicas. A lo largo del año, el banano y la zanahoria destacaron por sus altos volúmenes de recuperación mensuales, consolidándose como productos clave en las estrategias de aprovechamiento de excedentes agrícolas para esta región.

El banano es una fuente rica en carbohidratos; además, aporta fibra dietética, potasio, vitamina B6 y vitamina C. Estos nutrientes contribuyen al mantenimiento de la función muscular, la salud cardiovascular y el sistema inmunológico (Afzal et al., 2022). Por su parte, la zanahoria es reconocida por su alto contenido de beta-caroteno, precursor de la vitamina A, esencial para la salud visual y el sistema inmunológico. La zanahoria también es fuente de fibra, vitamina K1, potasio y antioxidantes como la luteína (Ikram et al., 2024). La disponibilidad constante y las propiedades nutricionales del banano y la zanahoria los posicionan como materias primas clave para el desarrollo de complementos alimentarios y productos nutricionales. Su inclusión en programas de asistencia alimentaria y políticas públicas de seguridad alimentaria y nutricional podría mejorar la calidad nutricional de las dietas en poblaciones vulnerables, aprovechando eficientemente los excedentes agrícolas y contribuyendo a la reducción de la inseguridad alimentaria y nutricional.

Tabla 1. Descripción de las donaciones recibidas para los cinco principales productos recuperados y su comportamiento mensual.

Table 1. Description of donations received for the five main recovered products and their monthly behavior.

Mes	Estadístico	Banano	Zanahoria	Aguacate Hass	Naranja	Granadilla
		Valores en toneladas (ton)				
Enero	Media	4.40	0.80	1.05	2.37	0.46
	Mediana	5.71	0.09	0.50	1.72	0.09
	Max	11.60	8.28	9.81	9.56	9.00
	Min	0.008	0.006	0.006	0.01	0.001
Febrero	Media	4.13	0.65	0.76	1.88	0.23
	Mediana	4.55	0.10	0.31	1.46	0.09
	Max	14.90	8.24	7.00	7.54	3.50
	Min	0.01	0.007	0.002	0.01	0.002
Marzo	Media	3.91	0.51	0.18	2.08	0.21
	Mediana	4.20	0.09	0.10	1.74	0.08
	Max	14.9	8.55	2.91	8.40	3.20
	Min	0.006	0.002	0.002	0.001	0.002

Abril	Media	4.02	1.31	0.15	1.50	0.27
	Mediana	3.64	0.16	0.05	0.65	0.10
	Max	14.3	9.00	2.23	8.18	8.05
	Min	0.004	0.004	0.001	0.008	0.002
Mayo	Media	4.22	1.07	0.48	1.48	0.24
	Mediana	3.96	0.19	0.09	0.74	0.05
	Max	14.36	9.41	5.43	8.63	4.00
	Min	0.002	0.005	0.008	0.007	0.002
Junio	Media	3.22	1.27	0.51	1.05	0.03
	Mediana	0.90	0.15	0.17	0.39	0.02
	Max	11.23	12.87	5.57	7.21	0.06
	Min	0.02	0.002	0.004	0.003	0.008
Julio	Media	3.55	1.14	0.58	0.93	0.04
	Mediana	3.80	0.15	0.27	0.39	0.02
	Max	12.66	8.33	7.00	3.64	0.13
	Min	0.002	0.004	0.003	0.008	0.001
Agosto	Media	3.43	0.84	0.28	0.99	0.40
	Mediana	2.16	0.09	0.09	0.23	0.10
	Max	10.89	10.89	3.78	5.64	5.90
	Min	0.005	0.005	0.004	0.006	0.003
Septiembre	Media	4.28	1.15	0.09	0.99	0.41
	Mediana	5.20	0.13	0.05	0.64	0.10
	Max	17.94	8.56	0.98	4.61	8.42
	Min	0.002	0.003	0.002	0.007	0.001
Octubre	Media	6.90	1.15	0.34	0.70	0.29
	Mediana	7.20	0.19	0.08	0.30	0.10
	Max	19.83	8.78	5.04	7.03	5.13
	Min	0.009	0.002	0.005	0.002	0.001
Noviembre	Media	5.76	0.88	0.79	1.28	0.42
	Mediana	6.33	0.14	0.23	0.67	0.11
	Max	19.60	8.18	7.67	5.06	8.92
	Min	0.003	0.004	0.005	0.005	0.004
Diciembre	Media	4.79	1.13	0.88	2.21	0.55
	Mediana	5.40	0.10	0.35	2.19	0.10
	Max	16.30	9.00	7.37	7.30	14.29
	Min	0.01	0.004	0.007	0.007	0.003

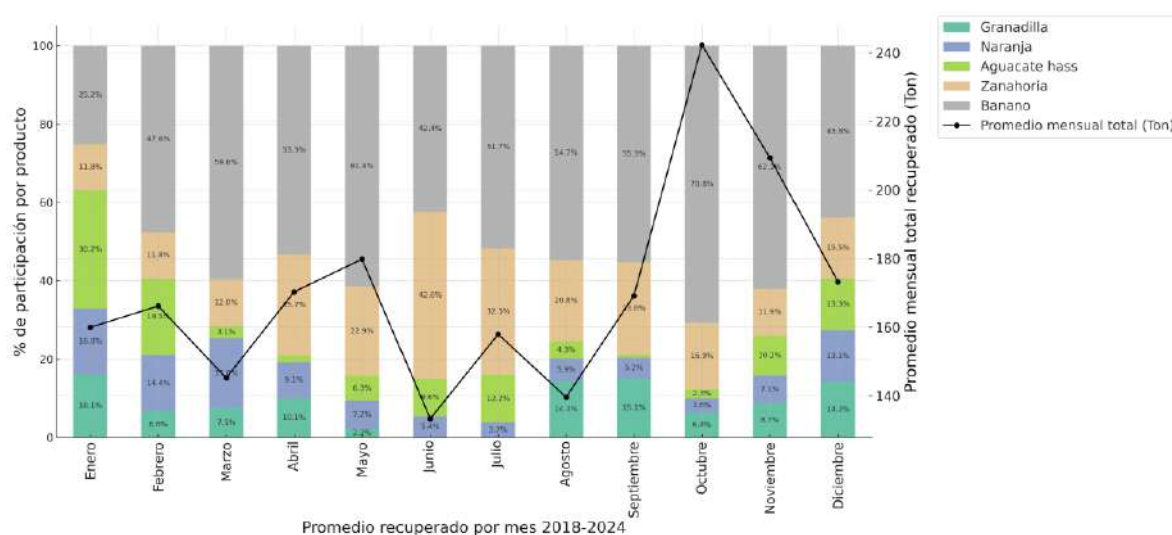


Figura 2. Distribución porcentual mensual de los 5 productos más recuperados y su promedio mensual (Ton) 2018-2024

Figure 2. Monthly percentage distribution of the five most recovered products and their monthly average (tonnes), 2018–2024.

La información disponible permitió identificar los municipios que más aportan a la recuperación de excedentes en Antioquia (Fig. 3). El análisis revela que Apartadó y San Pedro de los Milagros presentan los mayores volúmenes promedio de recuperación mensual de excedentes agrícolas, alcanzando hasta 60 toneladas mensuales en el caso de Apartadó. Estos dos municipios pertenecen a las subregiones geográficas: el Urabá y Norte antioqueño, caracterizadas por su alta producción agrícola. Jardín ubicado en la subregión del Suroeste destaca como un importante generador de frutas, contribuyendo significativamente en su categoría específica.

La literatura científica reciente enfatiza que los excedentes agrícolas – particularmente de frutas y tubérculos – pueden ser vistos como materias primas valiosas para desarrollos en ciencia y tecnología de alimentos. Varios estudios entre 2021 y 2025 han explorado vías innovadoras para mejorar la calidad nutricional y sensorial mediante la transformación de estos productos agrícolas en nuevos ingredientes, productos funcionales y suplementos nutricionales que mejoren la eficacia de las intervenciones en seguridad alimentaria. Un ejemplo claro es el aprovechamiento de compuestos bioactivos: los residuos de frutas y verduras (cáscaras, pulpas, semillas, bagazo, etc.) son ricos en antioxidantes, fibra dietaria, polifenoles y otras moléculas bioactivas con beneficios para la salud. Técnicas avanzadas de ingeniería de alimentos se están aplicando para extraer y concentrar estos compuestos. Por ejemplo, se ha logrado aislar polifenoles y flavonoides antioxidantes de cáscaras de frutas mediante extracción asistida por ultrasonido, fluidos supercríticos o enzimas, obteniendo ingredientes nutracéuticos y para alimentos funcionales (Sha et al., 2023). Una revisión de 2021 reporta múltiples casos donde subproductos de frutas y hortalizas se incorporaron con éxito en alimentos funcionales – desde harinas enriquecidas con fibra de cáscara para productos de panificación, hasta colorantes naturales y probióticos derivados de excedentes vegetales (Lau et al., 2021b).

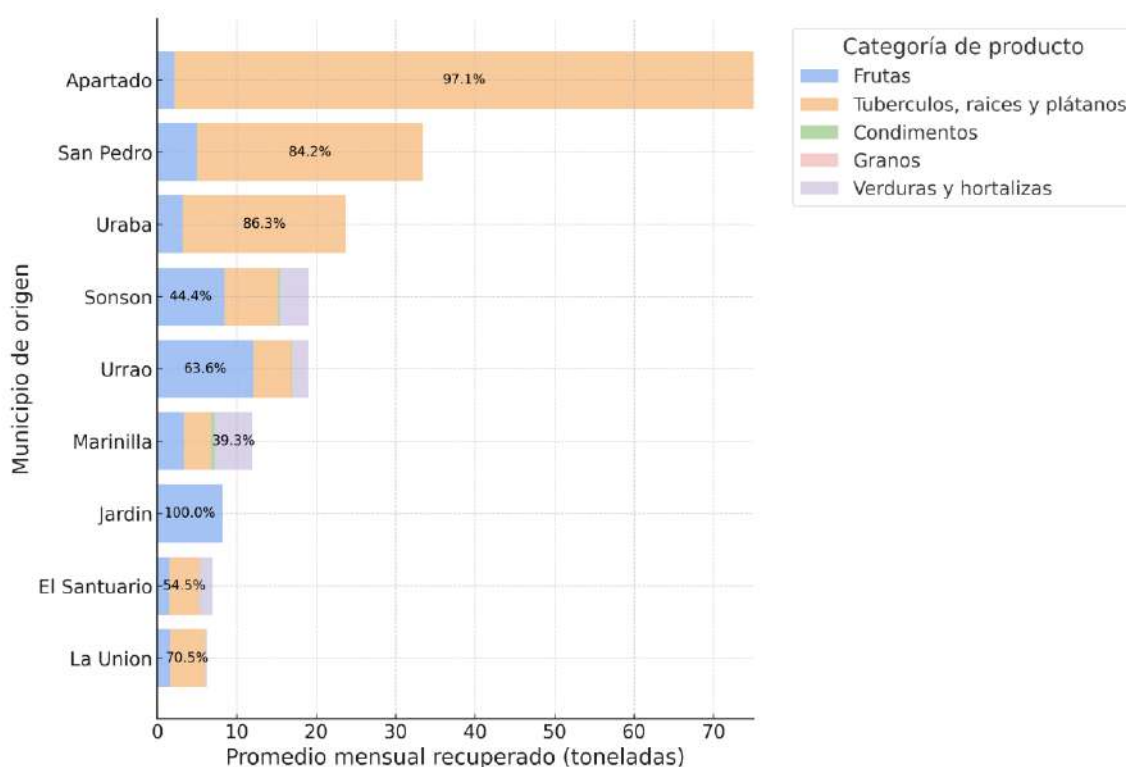


Figura 3. Diez municipios con mejor recuperación promedio mensual entre 2018 y 2024 según categoría de productos en toneladas.

Figure 3. Ten municipalities with the highest average monthly recovery between 2018 and 2024 by product category (tonnes).

En la Fig. 4 se observa cómo Apartadó es un municipio fundamental en la recuperación de excedentes de banano; por su parte, San Pedro de los Milagros contribuye de forma predominante a la recuperación de los excedentes de zanahoria. Es importante aclarar que, en la base de datos original, "Urabá" no corresponde a un municipio, sino a otros municipios del Urabá Antioqueño donde se agrupan los demás municipios diferentes a Apartadó. En el caso de la naranja, se observa que Tarso aporta aproximadamente 4,6 toneladas mensuales, mientras que Venecia contribuye con 2,9 toneladas, consolidándolos como dos de los principales centros de recuperación de este producto. La zanahoria proviene principalmente de San Pedro de los Milagros, Sonsón y de una categoría llamada Norte, la cual no representa un municipio como tal sino una región político-geográfica (grupo de municipios del Norte) que la base de datos original no discriminó detalladamente. Estos datos resaltan la importancia de las subregiones de Urabá, Oriente y Norte de Antioquia en el rescate de excedentes agrícolas. Finalmente, los volúmenes recuperados evidencian la necesidad de fortalecer los registros de origen en las bases de datos para mejorar la trazabilidad y el diseño de estrategias de valorización de excedentes agrícolas.

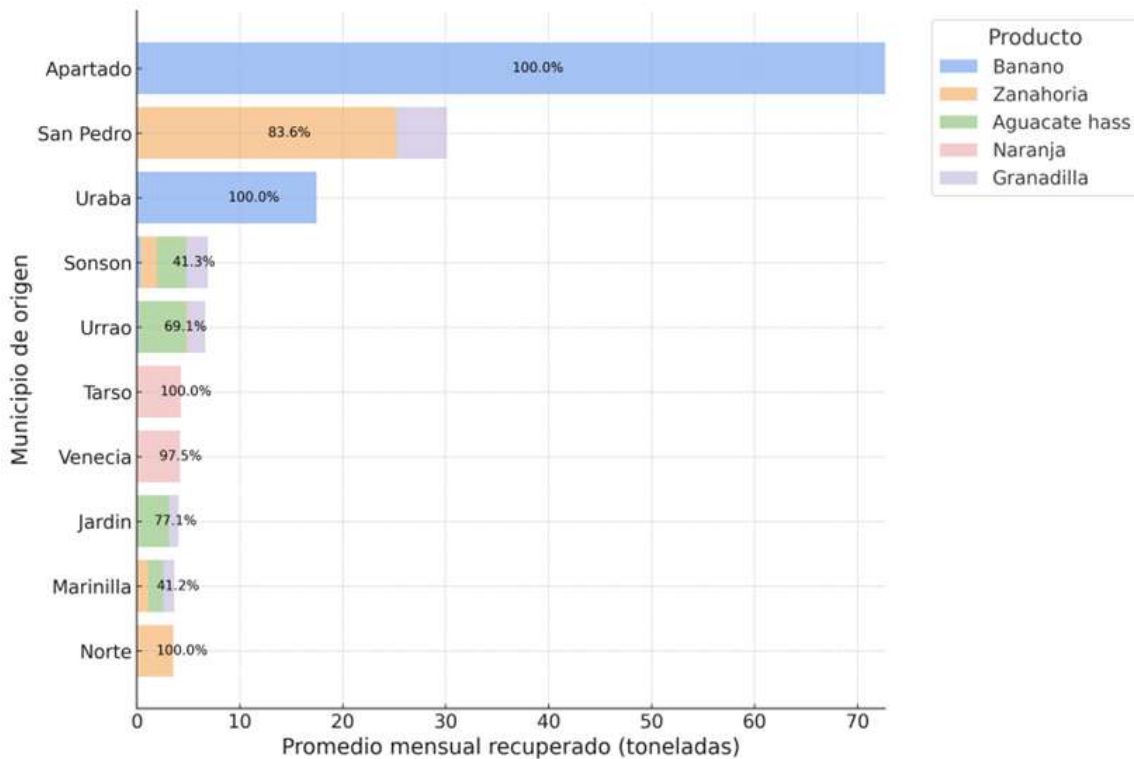


Figura 4. Diez municipios con mejor recuperación promedio mensual según los cinco tipos de productos más recuperados en toneladas, 2018-2024

Figure 4. Ten municipalities with the highest average monthly recovery by the five most recovered product types (tonnes), 2018–2024.

Utilizando el método clásico de descomposición aditiva, se realizó el análisis de la serie temporal de toneladas totales recuperadas por mes (2018–2024) separando la serie en tendencia, estacionalidad y residuo (Fig. 5). La curva de tendencia obtenida muestra una estructura no lineal con tres fases claramente diferenciables. Entre 2018 y mediados de 2019, hay una ligera variación positiva. A partir de finales de 2019 y hasta mediados de 2021, se observa una disminución sostenida en el volumen mensual de recuperación, posiblemente asociada a cambios operativos, logísticos o efectos indirectos de la pandemia. Posteriormente, desde finales de 2021 hasta finales de 2023, la tendencia muestra un crecimiento sostenido y continuo, alcanzando su punto máximo en el segundo semestre de 2023. Finalmente, a inicios de 2024, se identifica una leve inflexión descendente, que podría anticipar una nueva fase de desaceleración o estabilización del sistema de recuperación. Se observan residuos con baja varianza inicial que se amplían en 2021–2024, sin patrones sistemáticos, lo que indicaría que los choques puntuales son ruido, permitiendo establecer el uso de un modelo SARIMA (1,1,1) (1,1,1) [12] para capturar tendencia, estacionalidad y variabilidad aleatoria.

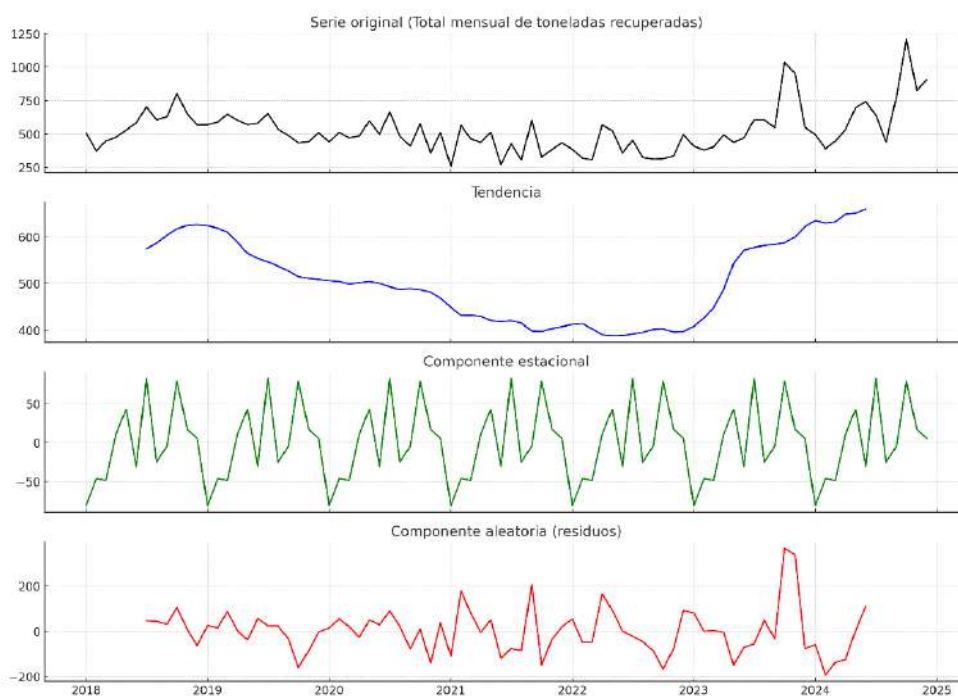


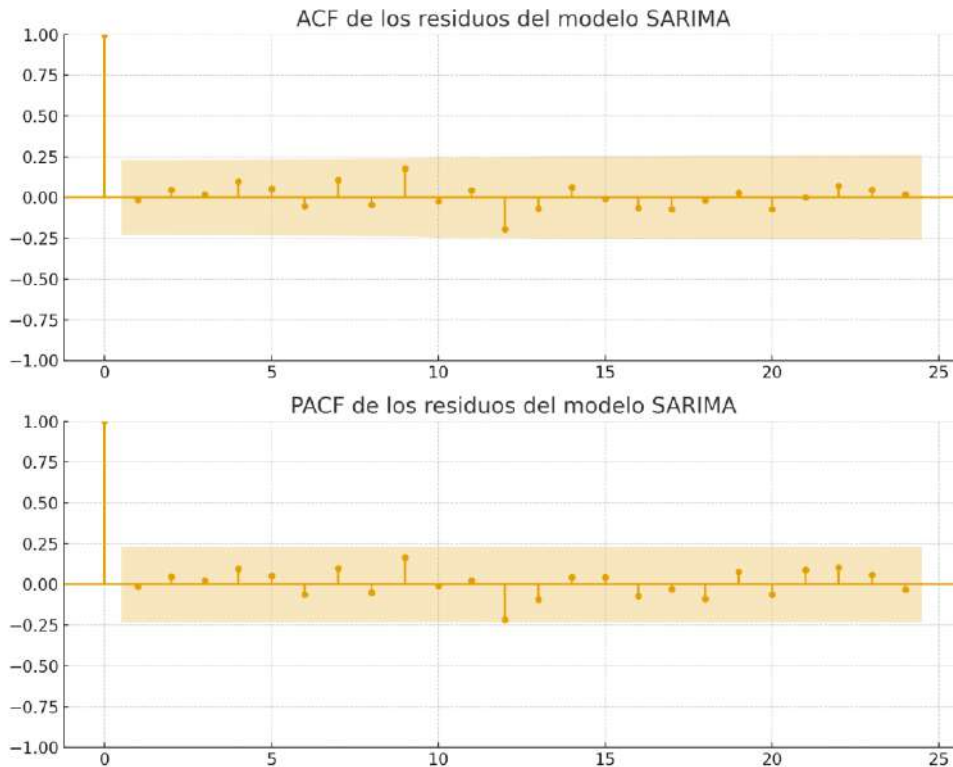
Figura 5. Gráfico de la descomposición aditiva para la serie de datos de recuperación en toneladas.
Figure 5. Additive decomposition chart for the recovery data series in tons.

La serie mensual de toneladas totales recuperadas se evaluó inicialmente mediante la prueba de Dickey–Fuller aumentada (ADF), encontrándose evidencia de no estacionariedad en la serie original (estadístico ADF = -4.39 ; $p = 0.0003$; $n = 83$) y confirmándose la estacionariedad tras una diferenciación no estacional ($d = 1$) (estadístico ADF = -4.42 ; $p = 0.00028$; $n = 73$). Con base en ello, se especificó un modelo SARIMA (1,1,1) (1,1,1) 12 y se comparó su desempeño con un modelo Holt–Winters aditivo, utilizando un esquema de validación temporal tipo train/test split, donde el periodo 2018–2023 se empleó para entrenamiento y el año 2024 para validación externa (Tabla 2). La comparación se realizó mediante criterios de información y desempeño predictivo, mostrando que el modelo SARIMA obtuvo un AIC considerablemente menor (585.29) frente a Holt–Winters (709.96) y un RMSE ligeramente inferior en la validación del año 2024 (208.65 vs. 212.47), lo que evidencia un ajuste más eficiente y una mayor capacidad de generalización. Los diagnósticos de residuales mediante la prueba de Ljung–Box en distintos rezagos (p -valores > 0.70 en lag 6, 12, 18 y 24) confirmaron la ausencia de autocorrelación, cumpliendo el supuesto de ruido blanco. Aunque la prueba de Shapiro–Wilk indicó desviación respecto a la normalidad, esta característica no compromete la especificación del modelo debido a la adecuada independencia y estructura aleatoria de los residuos. En conjunto, estos elementos justificaron la selección del modelo SARIMA para generar el pronóstico mensual de toneladas recuperadas.

Adicionalmente, a los diagnósticos realizados se ejecutó la inspección visual de las funciones ACF y PACF de los residuos evidenciando que todos los coeficientes se mantienen dentro de las bandas de confianza, apoyando la hipótesis de ruido blanco. Estos resultados, junto con la comparación de AIC/BIC y RMSE, respaldan la robustez del modelo SARIMA seleccionado para la proyección de la recuperación mensual de excedentes agrícolas.

Tabla 2. Comparación de modelos de series de tiempo y diagnóstico de residuales.**Table 2.** Comparison of time series models and residual diagnostics.

Evaluación estacionariedad			
Serie	Estadístico ADF	p-value	N° obs
Original	-4.39	0.000	83
Diferenciada (d=1)	-4.42	0.000	73
Comparación entre modelos			
Modelo	AIC	BIC	RMSE
Holt-Winters aditivo	709.96	746.39	212.47
SARIMA (1,1,1) (1,1,1) [12]	585.29	594.32	208.65
Diagnóstico del modelo SARIMA			
Prueba	Estadístico	p-value	
Ljung-Box (lag 6)	1.40	0.97	
Ljung-Box (lag 12)	8.73	0.73	
Ljung-Box (lag 18)	10.41	0.92	
Ljung-Box (lag 24)	11.81	0.98	
ARCH (12 rezagos)	7.76	0.80	
Shapiro-Wilk	0.95	0.004	

**Figura 6.** ACF y PACF de los residuos del modelo SARIMA**Figure 6.** ACF and PACF of the SARIMA model residuals.

En la fig. 7 se observa la evolución mensual de toneladas recuperadas y el punto de inflexión al inicio del pronóstico (enero de 2025). Se utilizó un modelo SARIMA donde el pronóstico proyecta que la recuperación de excedentes agrícolas en Antioquia mantiene un comportamiento creciente y relativamente estable a lo largo del horizonte 2025, con valores mensuales estimados entre 680 y 840 toneladas, replicando los picos presentados en el histórico de la serie. Este patrón de recuperación estable ofrece una base cuantitativa para el diseño de políticas públicas enfocadas en la seguridad alimentaria, pues permite prever los volúmenes disponibles y ajustar programas de distribución con antelación. Asimismo, al evidenciar un crecimiento sostenido, se observa cómo la recuperación de alimentos puede ser un pilar importante en la sostenibilidad ambiental de los sistemas agroalimentarios mediante la reducción del desperdicio, la pérdida de alimentos en el proceso agrícola y la optimización de recursos logísticos.

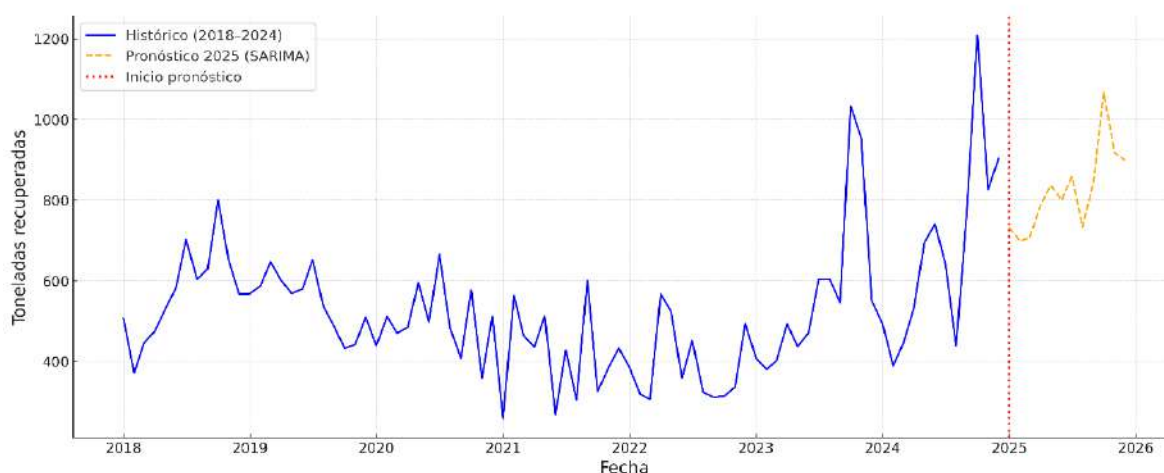


Figura 7. Gráfico de la serie mensual total de toneladas recuperadas y el pronóstico de comportamiento a un periodo adicional utilizando el modelo SARIMA

Figure 7. Graph of the total monthly recovered tons series and the forecasted behavior for one additional period using the SARIMA model.

La experiencia internacional demuestra que aprovechar las fortalezas de cada territorio es clave. Emparejar la oferta local de excedentes con industrias de transformación o redes solidarias locales ha dado buenos resultados. En Irlanda, la organización **FoodCloud** opera centros logísticos regionales que captan excedentes desde centrales de abasto y procesadores, redistribuyendo a nivel comunitario; se reporta que más del 50 % de los alimentos recuperados por sus “hubs” provienen de zonas de procesamiento primario (The Consumer Goods Forum, s. f.). De igual forma, **Brasil** ha institucionalizado a escala nacional la recuperación de alimentos a través del programa **Mesa Brasil**, el cual se articula con productores en estados agrícolas clave (São Paulo, Minas Gerais, etc.) para rescatar anualmente decenas de miles de toneladas de alimentos aptos, incluyendo abundantes raíces, tubérculos y frutas tropicales de esos territorios. Un reporte de 2021 indicó que **Mesa Brasil** redistribuyó más de 52 millones de kg de alimentos en un año, aprovechando redes territoriales de acopio en zonas agrícolas y mercados mayoristas (De Oliveira Rodrigues et al., 2022).

4. Conclusiones

Antioquia presenta una recuperación constante de excedentes agrícolas que abre oportunidades para la aplicación de la innovación y la tecnología de los alimentos, donde los grandes volúmenes de frutas y tubérculos excedentarios garantizan la disponibilidad de materia prima para proyectos e intervenciones continuas y sostenibles. La innovación, la ciencia y la tecnología de alimentos deben ser pilares estratégicos para transformar estos excedentes en productos funcionales y de mayor valor nutricional y sensorial. La articulación territorial podría fortalecer un ecosistema de innovación agrícola, donde el aprovechamiento científico de estos recursos permita impactar tanto la seguridad alimentaria y nutricional como el desarrollo económico regional.

Las tendencias científicas recientes apuntan a una economía circular agroalimentaria, donde los excedentes generados pueden reinsertarse en la cadena productiva como insumos para nuevos procesos. Ya sea desarrollando un snack fortificado con harina de banano, un suplemento rico en polifenoles o un producto con alto contenido de betacaroteno aún no comercializado, las posibilidades tecnológicas son amplias. El análisis para Antioquia muestra diferencias en la recuperación de excedentes según los municipios, evidenciando que las zonas agrícolas especializadas generan volúmenes distintos de excedentes aprovechables.

Si bien los resultados evidencian que la recuperación de excedentes agrícolas en Antioquia presenta un comportamiento creciente y patrones estacionales definidos, el análisis abre nuevas preguntas relevantes para la consolidación de sistemas agroalimentarios más sostenibles. En particular, resulta pertinente profundizar en el papel de otros actores de la cadena (como intermediarios, centrales de abasto, transportadores y comercializadores) y su potencial articulación con programas de recuperación de excedentes. Asimismo, futuras investigaciones podrían explorar la eficiencia logística de estos sistemas, los costos ambientales asociados al transporte y almacenamiento, y el impacto nutricional efectivo de los alimentos recuperados en las poblaciones beneficiarias. Abordar estas dimensiones permitiría avanzar hacia modelos integrales de gestión de excedentes que no solo mitiguen el desperdicio, sino que fortalezcan la equidad y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios regionales.

En conclusión, en Antioquia se recuperan grandes cantidades de excedentes agrícolas (más de 240 toneladas en promedio cada mes en todo el departamento). Los datos de recuperación de excedentes agrícolas evidencian un potencial importante para las acciones de seguridad alimentaria gubernamentales e institucionales orientadas a contribuir a la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) de la población, con estrategias territoriales y políticas públicas que impacten el departamento y el país, así como una gran oportunidad para valorizar tecnológicamente estos productos.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, S.G.V. y M.A.A.M.; metodología, M.A.A.M.; software, S.G.V.; validación, M.A.A.M., M.J.A.L. y A.J.S.G.; análisis formal, S.G.V.; investigación, M.A.A.M., M.J.A.L. y N.V.G.; recursos, A.J.S.G.; conservación de datos, S.G.V.; redacción-redacción del borrador original, S.G.V.; redacción-revisión y edición, M.A.A.M., M.J.A.L., A.J.S.G. y N.V.G.; visualización, S.G.V.; supervisión, M.A.A.M.; administración del proyecto, M.A.A.M.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Saciar y al programa Reagro por su colaboración y apoyo, al proporcionar la información y facilitar el acceso a las bases de datos necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

5. Referencias

- ABACO Colombia. (2026). Banco de Alimentos de Colombia. <https://abaco.org.co/>
- Abdulan, I. M., Popescu, G., Maștaleru, A., Oancea, A., Costache, A. D., Cojocaru, D.-C., Cumpăt, C.-M., Ciuntu, B. M., Rusu, B., & Leon, M. M. (2023). Winter Holidays and Their Impact on Eating Behavior—A Systematic Review. *Nutrients*, 15(19), 4201. <https://doi.org/10.3390/nu15194201>
- Afzal, M. F., Khalid, W., Akram, S., Khalid, M. A., Zubair, M., Kauser, S., Abdelsamea Mohamedahmed, K., Aziz, A., & Anusha Siddiqui, S. (2022). Bioactive profile and functional food applications of banana in food sectors and health: A review. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 2286-2300. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2130940>
- Alzate Yepes, T., & Orozco Soto, D. M. (2021). Pérdida y desperdicio de alimentos. Problema que urge solución. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 23(2), 133-139. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v23n2a01>
- Bisht, A., & Singh, S. P. (2024). Postharvest Losses and Management of Horticultural Produce: A Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(3), 305-320. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i31881>
- Brennan, A., & Browne, S. (2021). Food Waste and Nutrition Quality in the Context of Public Health: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5379. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105379>
- Caja de compensación Comfama. (2025). [Una conversación incómoda](#). pp. 508.
- Caldeira, C., De Laurentiis, V., Corrado, S., Van Holsteijn, F., & Sala, S. (2019). Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: A mass flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011>
- De Oliveira Rodrigues, P., Freu, K., & Moretto Neto, L. (2022). O Programa Mesa Brasil-SESC sob à luz da Coprodução e da Economia Circular: Um estudo multicasos. *REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade*, 12(4), 29-43. <https://doi.org/10.18696/reunir.v12i4.1348>
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). [Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia](#).
- FAO,FIDA, OPS, PMA y UNICEF. 2023. *América Latina y el Caribe - Panoramaregional de la seguridad alimentaria y nutricional 2023: Estadísticas y tendencias*. Santiago. <https://doi.org/10.4060/cc8514es>
- Gobernación de Antioquia. (2023). [Perfil alimentario y nutricional de los menores de 18 años en Antioquia 2023](#). Power BI Report.

- Hassan, S. H., & Low, E. C. (2024). Spur of the moment: The unintended consequences of excessive food purchases and food waste during Ramadan. *British Food Journal*, 126(7), 2732-2745. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2023-0917>
- Ikram, A., Rasheed, A., Ahmad Khan, A., Khan, R., Ahmad, M., Bashir, R., & Hassan Mohamed, M. (2024). Exploring the health benefits and utility of carrots and carrot pomace: A systematic review. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 180-193. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2301569>
- Lau, K. Q., Sabran, M. R., & Shafie, S. R. (2021a). Utilization of Vegetable and Fruit By-products as Functional Ingredient and Food. *Frontiers in Nutrition*, 8, 661693. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.661693>
- Lau, K. Q., Sabran, M. R., & Shafie, S. R. (2021b). Utilization of Vegetable and Fruit By-products as Functional Ingredient and Food. *Frontiers in Nutrition*, 8, 661693. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.661693>
- Programa Mundial de Alimentos. (2023). [Evaluación de seguridad alimentaria para población colombiana](#).
- Sarangi, P. K., Pal, P., Singh, A. K., Sahoo, U. K., & Prus, P. (2024). Food Waste to Food Security: Transition from Bioresources to Sustainability. *Resources*, 13(12), 164. <https://doi.org/10.3390/resources13120164>
- Sha, S. P., Modak, D., Sarkar, S., Roy, S. K., Sah, S. P., Ghatani, K., & Bhattacharjee, S. (2023). Fruit waste: A current perspective for the sustainable production of pharmacological, nutraceutical, and bioactive resources. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1260071. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1260071>
- Swart, E., Bitzer, E., Gothe, H., Harling, M., Hoffmann, F., Horenkamp-Sonntag, D., Maier, B., March, S., Petzold, T., Röhrig, R., Rommel, A., Schink, T., Wagner, C., Wobbe, S., & Schmitt, J. (2016). STandardisierte BerichtsROutine für Sekundärdaten Analysen (STROSA) – ein konsentierter Berichtsstandard für Deutschland, Version 2. *Das Gesundheitswesen*, 78(S 01), e145-e160. <https://doi.org/10.1055/s-0042-108647>
- The consumer goods forum. (s. f.). [Food Waste Knowledge Sharing Series 2023: Learning Report](#).
- United Nations Environment Programme. (2024). [Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste](#).
- Zhu, Y., Luan, Y., Zhao, Y., Liu, J., Duan, Z., & Ruan, R. (2023). Current Technologies and Uses for Fruit and Vegetable Wastes in a Sustainable System: A Review. *Foods* (Basel, Switzerland), 12(10), 1949. <https://doi.org/10.3390/foods12101949>

2026 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>