

Diseño y análisis de viabilidad operativa de un canal mixto para la comercialización de alimentos frescos conectando a productores y clientes en Cochabamba, Bolivia

EVELYN CLARA AGREDA TERRAZAS

Centro de Operaciones Logísticas, Universidad Privada Boliviana
evelynagreda1@upb.edu

JAVIER DONALDO PADILLA CASTILLO

Centro de Operaciones Logísticas, Universidad Privada Boliviana
donaldopadilla1@upb.edu

AGATHA DA SILVA OVANDO

Centro de Operaciones Logísticas, Universidad Privada Boliviana
agathadasilva@upb.edu

Resumen. Este documento presenta el diseño de un canal mixto para establecer una conexión directa entre el productor de alimentos frescos y distintos mercados consumidores en el departamento de Cochabamba, Bolivia. El objetivo general de esta iniciativa es diseñar un canal mixto para la recepción y entrega de alimentos frescos, considerando la demanda de los hogares y del sector Horeca (hoteles, restaurantes, cafés) en la ciudad. Para ello, se realizó la recolección de datos mediante entrevistas y encuestas, considerando al productor, los intermediarios y los consumidores (hogares y sector Horeca). En el diseño del canal, se determinó la ubicación de los puntos de distribución en las comunas que corresponden a la zona central y norte, así como un centro de almacenamiento y distribución. Para el diseño del modelo de distribución, se consideraron opciones mixtas. El algoritmo de compra en línea y recogida en tienda (BOPS) modelará la conexión entre productores y puntos de conveniencia en la ciudad. En complemento, se empleará un algoritmo heurístico para el problema de rutas de vehículos (VRP), el cual definirá rutas óptimas de entrega al canal Horeca y, además, de entrega a los puntos recogida (*pickup points*) para los hogares. Esto establecerá un canal de distribución directa para frutas y verduras, considerando no solo el proceso dentro del centro de distribución, sino también la determinación

de la ruta más eficiente para la entrega, basándose en las necesidades de los consumidores.

Palabras claves: distribución de alimentos frescos; compra en línea y recojo en tienda; problema de enrutamiento de vehículos; canales mixtos.

Design of a Mixed Channel under the BOPS Methodology Approach with Distribution Modeling using VRP in Cochabamba, Bolivia

Abstract. This document presents the design of a mixed channel to establish a direct connection between fresh food producers and various consumer markets in the department of Cochabamba, Bolivia. The general objective of this initiative is to design a mixed channel for the reception and delivery of fresh food, considering the demand from households and the HORECA sector (Hotels, Restaurants, Cafés) in the city. To achieve this, data collection was conducted through interviews and surveys, taking into account producers, intermediaries, and consumers (households and the HORECA sector). In the channel design, the distribution points were located in the central and northern zones, along with a storage and distribution center.

For the distribution model design, mixed options were considered. The Buy Online and Pick Up in Store (BOPS) algorithm will model the connection between producers and convenience points in the city. Additionally, a heuristic algorithm for the Vehicle Routing Problem (VRP) will be employed to define optimal delivery routes to the HORECA channel and pickup points for households. This will establish a direct distribution channel for fruits and vegetables, considering not only the processes within the collection center but also determining the most efficient delivery routes based on consumer needs.

Keywords: Fresh Food Distribution, Buy Online Pick up in Store, Vehicle Routing Problem, mixed channels.

Introducción

A diario, los países enfrentan situaciones que comprometen la seguridad alimentaria de la población, tales como desastres naturales, uso de tecnología obsoleta y desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministro. Según la FAO, se estima que se desperdicia el 33% de los alimentos producidos anualmente, lo que representa alrededor de 1300 millones de toneladas, de las cuales el 40% se pierde en las etapas de poscosecha y procesamiento (Frutas Feas, 2020). En Bolivia, se generan un total de 16 200 toneladas de desperdicio de alimentos anualmente, según datos del Banco de Alimentos de Bolivia. De esta cifra, 1800 toneladas provienen solo de la ciudad de Cochabamba. Este desperdicio impacta negativamente al medio ambiente, ya que diversos recursos, como agua, tierra y energía, se utilizan en la producción de estos alimentos. Como estos alimentos no se aprovechan, los recursos utilizados para producirlos también se desperdician junto con los alimentos. Del total de alimentos desperdiciados, el 50% son vegetales y el 23% son frutas. Estos dos grupos de alimentos son los más desperdiciados en Bolivia, seguidos de las carnes, los cereales y los productos lácteos (*Los Tiempos*, 2020).

La cadena de distribución en el departamento de Cochabamba sigue generalmente una red de distribución tradicional que involucra al productor, a intermediarios y al consumidor (Acosta, 2017). Según una publicación del diario de circulación nacional *Opinión*, en el año 2017, aproximadamente el 36% de la producción de alimentos frescos –como frutas, verduras y cereales– se originaba en el departamento de Cochabamba (*Opinión*, 2017). La distribución en este departamento de alimentos frescos ocurre en mercados de agricultores, minimercados, supermercados y vehículos móviles. Los intermediarios, que conectan a los productores de alimentos frescos con los clientes, ejercen su influencia en la adquisición y comercialización de alimentos frescos y en la definición de las reglas de negociación (Acosta-Agudelo *et al.*, 2021).

Desde el punto de vista del productor, las ineficiencias y las restricciones de mercado son factores críticos. Un estudio llevado a cabo en la India sobre los mercados de agricultores (Solanki & Inumula, 2021) identificó como principal riesgo para los productores la falta de información avanzada sobre la demanda del mercado, los precios y otras condiciones prevalentes. En cuanto a los consumidores, se enfrentan a precios elevados en frutas y verduras de menor calidad y fresca debido a la larga cadena que recorren antes de llegar al mercado.

Un escenario tradicional conlleva una disminución en la rentabilidad de los cultivos y contribuye al aumento del costo de los alimentos frescos a lo

largo de la cadena de suministro (Blanco-Capia, 2021). Existe una tendencia ante la posibilidad de abandonar la red de distribución tradicional para optar por una red de distribución corta (*short supply chain*). Según Kneafsey *et al.* (2013), estas cadenas se caracterizan por su proximidad geográfica y social entre productores y consumidores, así como por la reducción de intermediarios, lo que permite establecer relaciones más directas y transparentes. Estas cadenas cortas presentan beneficios tales como apoyo a la economía local, la mejora de la calidad de los alimentos y la reducción del impacto ambiental asociado al transporte.

Esta creciente conciencia sobre los desafíos del sistema alimentario global ha llevado a los consumidores a buscar conexiones más directas con los productores, fomentando un enfoque más sostenible y ético en el consumo de alimentos (Kneafsey *et al.*, 2013). También Enjolras, Aubert y Aubert realizaron una investigación considerando la actitud de los consumidores hacia las cadenas de distribución cortas, revelando que estos sistemas son percibidos favorablemente en comparación con las cadenas de suministro tradicionales. Su estudio destaca que los consumidores valoran aspectos como la frescura de los productos, la conexión directa con los productores y la transparencia en el origen de los alimentos (Enjolras *et al.*, 2020).

Con esta perspectiva, se presenta la red de distribución bajo la metodología BOPS (compra en línea y recojo en un punto de distribución), que permite acortar los eslabones de la cadena sin la presencia de intermediarios. La metodología BOPS permite a los consumidores adquirir productos en línea y recogerlos en una tienda física. Este enfoque integra los canales de venta en línea y fuera de línea para ofrecer una experiencia de compra más fluida (Li, Li, & Mei, 2023). La importancia de esta metodología radica en el apoyo que se proporciona a los agricultores, quienes son los que se enfrentan a complicaciones tales como mantener inventarios, aceptar los precios impuestos por los intermediarios y los espacios limitados en los mercados para comercializar sus productos (Solanki & Inumula, 2021).

En el contexto de Cochabamba, la transición hacia cadenas de suministro cortas se presenta como una respuesta viable a los desafíos actuales en la distribución de alimentos. La implementación de cadenas de suministro cortas podría optimizar la conexión entre los agricultores locales y los consumidores, incrementando la probabilidad de que los productos frescos lleguen directamente al mercado consumidor. Esto no solo reduciría los costos para los consumidores, sino que también podría incrementar los ingresos de los productores al eliminar la necesidad de depender de intermediarios que imponen precios altos y condiciones desfavorables. A medida que los consumidores se vuelven más conscientes de sus elecciones alimentarias,

los consumidores tienden a tener preferencia por alimentos frescos, locales y de calidad. Para efectos del estudio, se consideran los hogares y el sector Horeca (hoteles, restaurantes, cafeterías).

Con base en lo anterior, este trabajo busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿es viable diseñar un canal mixto de comunicación y distribución para alimentos frescos entre productores y consumidores bajo la metodología BOPS en el departamento de Cochabamba desde una perspectiva operativa? Para el diseño de este canal, se utilizará la programación lineal como método de resolución para evaluar la red de distribución de alimentos según la metodología BOPS. Para la distribución, se consideran dos supuestos. Primero, los hogares estarán dispuestos a recoger sus compras en puntos de conveniencia. Por otro lado, el modelamiento de distribución utilizando VRP (*vehicle routing problem*) se realizará para optimizar la entrega al sector Horeca y a los puntos de distribución para los hogares.

El objetivo principal de este estudio es diseñar un canal mixto para la recepción y entrega de frutas y verduras en el departamento de Cochabamba bajo la metodología BOPS, con un modelo de distribución para el canal Horeca y puntos de recogida para hogares utilizando el VRP (*vehicle routing problem*).

El resto de este documento sigue la siguiente estructura: en la siguiente sección, se presentan la metodología del estudio y la recolección de datos. Luego, se exponen el análisis y la recolección de datos, seguidos de los resultados. Como penúltimo apartado está la discusión, y se culmina con las conclusiones e investigaciones futuras.

Revisión de literatura

Modelos para el diseño de una cadena BOPS para la comercialización de alimentos

La metodología BOPS como modelo de optimización se puede desarrollar mediante numerosos modelos de optimización que utilizan distintos algoritmos, tales como la resolución multiobjetivo (Yadav *et al.*, 2021), además de modelos metaheurísticos, tal como la identificación de soluciones Pareto-óptimas, que permiten a los tomadores de decisiones comprender mejor los compromisos entre los diferentes objetivos. La literatura ha abordado diversos métodos para generar conjuntos de soluciones de Pareto, entre los que destacan los métodos tradicionales de suma ponderada (LP-Metric) y la restricción épsilon ϵ -Constraint (Laumanns, Thiele, & Zitzler, 2006).

La suma ponderada (LP-Metric) asigna pesos a cada criterio y suma los valores ponderados para obtener una única función objetivo. Su principal ventaja es la facilidad de implementación y la posibilidad de priorizar ciertos

criterios; sin embargo, su eficacia depende de la correcta asignación de pesos, lo que puede generar soluciones sesgadas (Hwang & Yoon, 1981). Por otro lado, el método de restricción épsilon (ϵ -Constraint) optimiza una función objetivo mientras impone restricciones a las demás, permitiendo explorar soluciones eficientes en Pareto, lo que es útil en problemas multiobjetivo (Haimes, 1971). No obstante, su aplicación requiere múltiples iteraciones para obtener un conjunto completo de soluciones. Finalmente, el *vehicle routing problem* (VRP) es un modelo matemático utilizado para optimizar la distribución de productos en redes logísticas. Su implementación ayuda a reducir costos de transporte y optimizar tiempos de entrega, aunque su complejidad computacional demanda el uso de heurísticas para manejar grandes volúmenes de datos (Dantzig & Ramser, 1959).

En 2006, la cadena de supermercados Reliance Fresh, en la India, inició sus actividades utilizando una cadena corta que conecta directamente a los productores con los consumidores a precios competitivos. Este modelo ayudó a los productores a comercializar sus productos y obtener información de mercado de Reliance, lo que apoya las buenas prácticas agrícolas y brinda asesoramiento técnico (Sutradhar & Das, 2020). La metodología BOPS se está aplicando actualmente en proyectos para artesanos y agricultores, estableciendo una conexión directa entre los productores y el mercado local, como se observa en proyectos como E-Choupal. En este proyecto, los agricultores pueden comercializar directamente sus productos con las empresas, eliminando intermediarios para obtener precios más favorables y mejorar su calidad de vida (Mukerji, 2020). Ekutir integra un ecosistema empoderado por una plataforma de TIC con un enfoque de despliegue microempresarial, con el objetivo de ofrecer soluciones integrales en toda la cadena de valor para la seguridad alimentaria y nutricional tanto en comunidades rurales como urbanas de bajos recursos (Dubé *et al.*, 2020).

Modelos para la resolución de VRP en la industria de alimentos

Si bien la metodología BOPS aborda la conexión entre productores y consumidores, el proceso de distribución en la última milla se puede modelar utilizando otros algoritmos lineales, como el VRP. El problema de ruteo de vehículos (VRP, por sus siglas en inglés) es una clase de problemas en logística, transporte y distribución en la que se debe determinar un conjunto óptimo de rutas para una flota de vehículos que parte de uno o más depósitos para atender a un conjunto de clientes geográficamente dispersos. También podría definirse como un problema complejo dentro de la programación lineal, lo que significa que no se puede resolver en tiempo polinomial a medida que aumenta el tamaño de la entrada. Debido a su

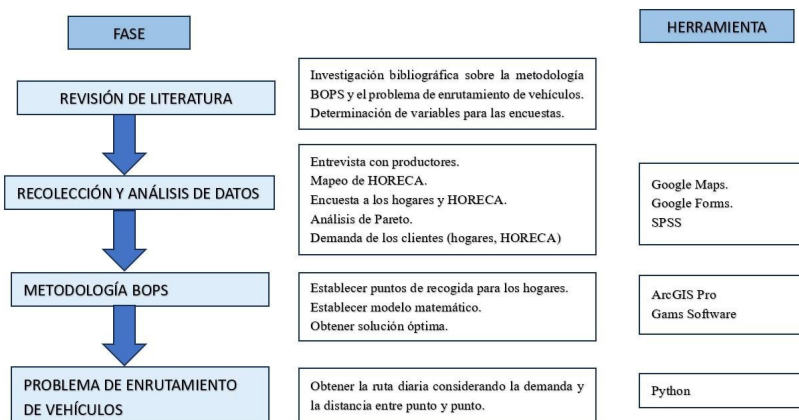
complejidad, se emplean soluciones aproximadas que permiten encontrar rutas eficientes en tiempos razonables para la toma de decisiones (Lüer *et al.*, 2009). Numerosos estudios exploran modelos heurísticos y metaheurísticos que ofrecen soluciones al *vehicle routing problem* (VRP) a través de diversos algoritmos, incluidos el método de Clark y Wright, el vecino más cercano y la búsqueda tabú. El algoritmo de vecino más cercano se utiliza en las estrategias de solución inicial de Or-tools, incorporando el algoritmo *path cheapest arc* (PCA) (Wilim & Oetama, 2021). Se realizó un estudio en el que se presentó una solución para un problema de enrutamiento de múltiples depósitos, empleando algoritmos como K-means, Clarke y Wright, y *ant colony* (Singanamala, Dharma Reddy, & Venkataramaiah, 2018). En una investigación reciente, se formuló un modelo biobjetivo de VRP utilizando el problema de rutas de vehículos capacitado dependiente del tiempo (CTVRP), similar al VRPTW, y considerando variables como las distancias recorridas, la demanda unitaria y las ventanas de tiempo temporales (Jin *et al.*, 2022). Otro estudio ideó un modelo de optimización de rutas utilizando la variación del problema de rutas de vehículos dinámico (DVRP), facilitando la identificación de rutas adecuadas para minimizar el tiempo de viaje al tener en cuenta consideraciones como la congestión del tráfico (Sabar *et al.*, 2019).

Metodología de investigación

A continuación, se presenta la metodología de este estudio, que se centrará en evaluar la viabilidad operativa de la implementación de la metodología BOPS. Inicialmente, se realizó una breve revisión de la literatura sobre el uso de algoritmos para la aplicación del modelo BOPS y para la solución del *vehicle routing problem* (VRP) en la industria de alimentos frescos. Esto para tener un mejor entendimiento de los requerimientos y potencialidades de cada uno de los modelos. Luego, la recolección de datos fue realizada de fuentes primarias y secundarias. En esta etapa se han realizado entrevistas a productores, encuestas a hogares y a representantes del canal Horeca.

Esta información fue complementada con datos de geolocalización, los cuales fueron utilizados para alimentar al modelo planteado. El análisis de datos fue realizado a través de métodos de estadística descriptiva, para entender el comportamiento de los clientes seleccionados. Luego, se ha realizado la implementación de la metodología BOPS para diseñar al canal de distribución propuesto y, finalmente, se implementó el modelo de distribución propuesto con el algoritmo de VRP. La figura 1 resume la metodología aplicada.

Figura 1
Metodología del estudio



Caso de estudio

La ciudad de Cochabamba tiene, para el año 2023, una densidad de población de 31,63 habitantes/km² y produce aproximadamente el 45% de los tubérculos y hortalizas en Bolivia (*Los Tiempos*, 2020). Además, Cochabamba es el tercer mercado más grande de Bolivia. Al ser un gran productor y un mercado representativo en la región, este departamento fue elegido para el estudio. Específicamente, el estudio de caso se centrará en su capital, el municipio de Cercado. El alcance geográfico del estudio abarca el área centro-norte de la ciudad. Dentro de este estudio de caso, se identificaron dos categorías de compradores: hogares y representantes del sector Horeca. Para los consumidores Horeca, se realizó un censo de representantes del sector con el apoyo de herramientas de georreferenciación (Google Maps) y bases de datos de fuentes secundarias. Se identificaron 51 cafeterías, 71 restaurantes y, en el sector hotelero, 20 hoteles de cuatro y cinco estrellas. Esta información fue recolectada a través de plataformas en línea como Pedidos Ya, TripAdvisor, Google Maps y Booking.

Por otro lado, para realizar las consideraciones de los hogares se utilizaron datos del INE para, posteriormente, realizar una proyección en la que se tendrá a los habitantes del municipio de Cercado como clientes potenciales. Una vez teniendo a la población de Cercado, se consideró la población de las comunas que se encuentran en la zona central y norte, se tomaron en cuenta cinco personas por cada hogar y, además, el porcentaje de captación del 0,5% (Fundación E, 2001), considerando la naturaleza del mercado, lo que dio como resultado 303 hogares como clientes potenciales.

A través de la fórmula de población finita, se realiza el cálculo de encuestas que representen al sector Horeca. Como probabilidad de éxito se consideró el 80%, porcentaje obtenido a partir de la aceptación a la distribución de alimentos frescos a los establecimientos del canal Horeca utilizando problema de enrutamiento de vehículos. Para este cálculo, se tomaron como parámetros una probabilidad de éxito del 83,7% (familias que aceptan comprar alimentos frescos en línea y recogerlos en un punto de entrega) y una probabilidad de fracaso del 16,3% (familias que no aceptan esta modalidad). Véase el anexo 1 para más detalles.

A continuación, se presenta la tabla 1, en la que se evidencia la cantidad de encuestas por realizar.

Tabla 1
Definición de muestra para todas las poblaciones

Cliente potencial	Población total	Número de encuestas
Hogares (habitantes)	872 718	210
Horeca	110	66

Posteriormente al cálculo, se realiza el establecimiento del modelo matemático, en el que se consideran los principales factores, tales como el costo, la demanda y el flujo de producto.

Recolección de datos

En el momento de iniciar el diseño, se hallaron distintos conceptos y enfoques relacionados con la gestión de alimentos frescos. Así, a través de los estudio y proyectos que se mencionaron en la revisión de literatura, se definieron y aplicaron las variables para la recolección de datos de ambos segmentos de clientes en una encuesta. A continuación, en la tabla 2, se presentan las principales variables que se consideraron en la investigación.

Tabla 2
Variables de estudio

Variable	Objetivo	Información
Perfil del cliente	Información demográfica y sociodemográfica sobre hogares y Horeca	Edad, género, ingresos, preferencias
Comportamiento de compra	Factores que influyen en la decisión de compra	Atributos buscados por el cliente en el mercado
Preferencia de producto	Características de la preferencia del cliente	Frutas y verduras con mayor demanda
Actitud hacia la compra en línea y recogida en puntos de distribución	Nivel de aceptación de nuevos métodos de adquisición de productos	Número de personas dispuestas a usar un nuevo canal

Datos de entrada para el diseño

Para el análisis de las frutas y verduras que más consumen los encuestados, se realizó un análisis de Pareto en el que se tomó el 80% de los productos. Para seleccionar los proveedores de frutas, se realizó una investigación en la que se extrajo la información de la cantidad que produce anualmente en la página del Sistema de Información Territorial de Apoyo a la Producción (Sitap) (SIIP, 2000), en la que se seleccionó el mayor productor de cada alimento fresco objeto de estudio.

Al considerar el transporte de los productos, se tuvo en consideración la naturaleza de cada alimento y el riesgo potencial de contaminación cruzada. De esta manera, se realizó una clasificación de los productos en los dos grupos siguientes.

- Productos que requieren refrigeración: tomate, lechuga, locoto (puede ser sensible al calor), frutilla, naranja, manzana, frambuesa y palta. Estos artículos requieren mantenerse frescos y en un estado de temperatura óptima para preservar su calidad. Al agruparlos de manera conjunta, se asegura que puedan ser almacenados en la sección de refrigeración del vehículo, brindándoles la protección necesaria.
- Productos resistentes a temperatura ambiente: papa, cebolla, zana-horia, arveja, pepino, brócoli, piña, plátano, sandía. Estos artículos muestran una mayor capacidad para soportar cambios en la temperatura y no necesitan ser refrigerados de manera inmediata. Por lo tanto, pueden ser guardados en diferentes zonas del camión sin generar inquietudes respecto a su calidad.

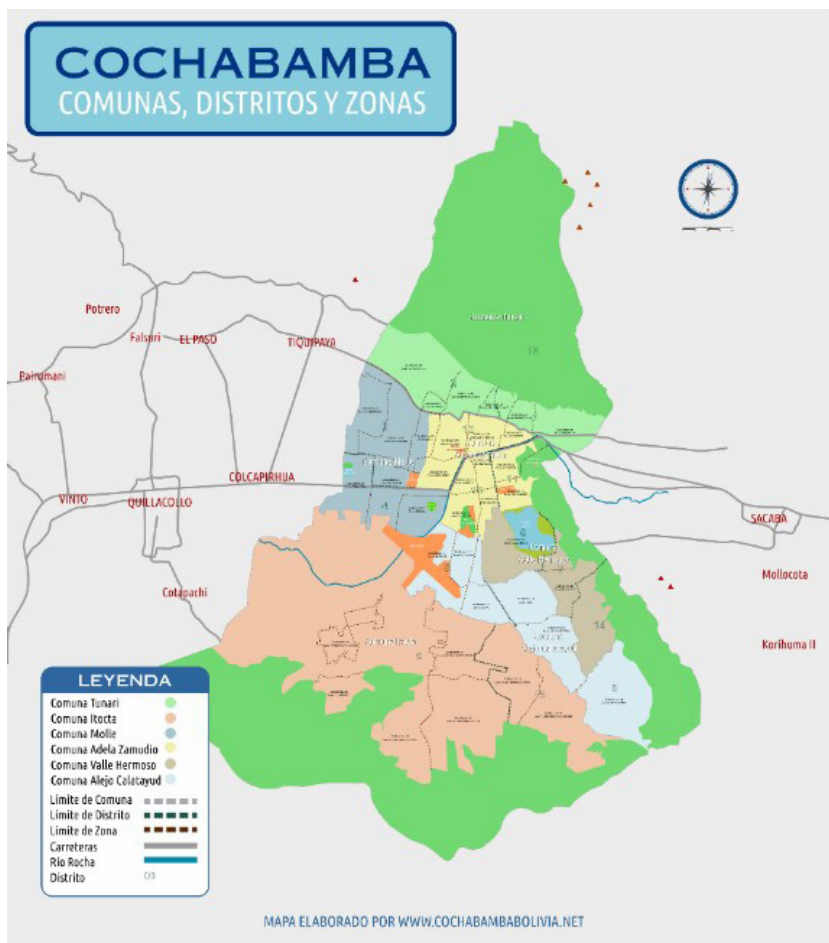
Para objeto de investigación, se llevaron a cabo un análisis y una evaluación para determinar las cantidades necesarias, teniendo en cuenta los días de cosecha de los productores. Esto asegura la frescura y calidad del producto. En consecuencia, se optó por visitar a los productores los lunes y jueves. Estos días se determinaron mediante el siguiente criterio: los lunes realizan la cosecha, los martes los transportan hacia los mercados de su conveniencia y los miércoles estos productos se comercializan; de la misma manera se analizó para el jueves. Este análisis surge a partir de las entrevistas a los productores.

Para determinar a los productores, se realizó una investigación en la página del Sitap (SIIP, 2000), en la que se tomó en cuenta el municipio con mayor producción de las futas y verduras que son objeto de estudio para, posteriormente, mapearlos a través de Google Maps.

Puntos de recogida para los hogares (*pick-up*)

El área urbana del departamento de Cochabamba está conformada principalmente por comunas: comuna Tunari, comuna Valle Hermoso, comuna Alejo Calatayud, comuna Molle, comuna Itocta y comuna Adela Zamudio.

Figura 1
Comunas y distritos en el departamento de Cochabamba



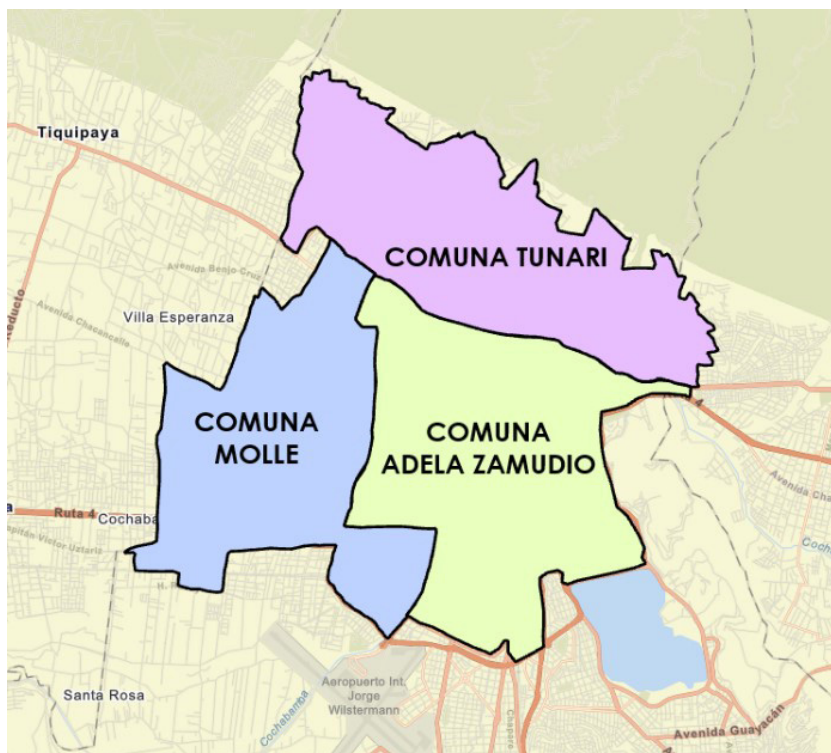
Los criterios utilizados para escoger las comunas objeto de estudio son los siguientes:

- Acceso a redes de internet
- Disponibilidad de vehículo propio
- Ubicación de establecimientos del sector Horeca

Considerando los criterios establecidos, se determinó que las comunas Adela Zamudio, Molle y Tunari serán el objeto de estudio. Estas se ubican en la zona central y norte del municipio de Cercado-Cochabamba.

Figura 2

Comunas y distritos en el departamento de Cochabamba (elaborado con ArcGis Pro)



Una vez establecidas las comunas, el procedimiento para el establecimiento de cantidad de hogares en las comunas se realizó considerando el 0,5% de captación de mercado. Este 0,5% se determinó con base en la tabla 3.

Tabla 3
Tabla de captación de mercado

N.º	¿Qué tan grandes son tus competidores?	¿Qué tantos competidores tienes?	¿Qué tan similares son sus productos a los tuyos?	¿Cuál parece ser su porcentaje?
1	Grandes	Muchos	Similares	0-0,5%
2	Grandes	Algunos	Similares	0-0,5%
3	Grandes	Uno	Similares	0,5-5%
4	Grandes	Muchos	Diferentes	0,5-5%
5	Grandes	Algunos	Diferentes	0,5-5%
6	Grandes	Uno	Diferentes	10-15%
7	Pequeños	Muchos	Similares	5-10%
8	Pequeños	Algunos	Similares	10-15%
9	Pequeños	Muchos	Diferentes	10-15%
10	Pequeños	Algunos	Diferentes	20-30%
11	Pequeños	Uno	Similares	30-50%
12	Pequeños	Uno	Diferentes	40-80%
13	Sin competencia	Sin competencia	Sin competencia	80-100%

Fuente: Fundación E (2001).

Considerando este porcentaje, se realizó el cálculo de cantidad de hogares por comuna (véase la tabla 4).

Tabla 4
Determinación de hogares potenciales

Comuna	Población	Hogares	% Captación de mercado	Ubicación del punto de recogida
Adela Zamudio	119 715	23 943	120	(-17,38483, -66,15835)
Molle	91 442	18 288	92	(-17,37954, -66,18975)
Tunari	90 026	18 005	91	(-17,35205, -66,16376)
		Hogares	303	

En el sector Horeca se tiene un total de 142 establecimientos obtenidos a través del mapeo y la investigación de fuentes secundarias, las cuales fueron mapeadas mediante la herramienta de Google Maps.

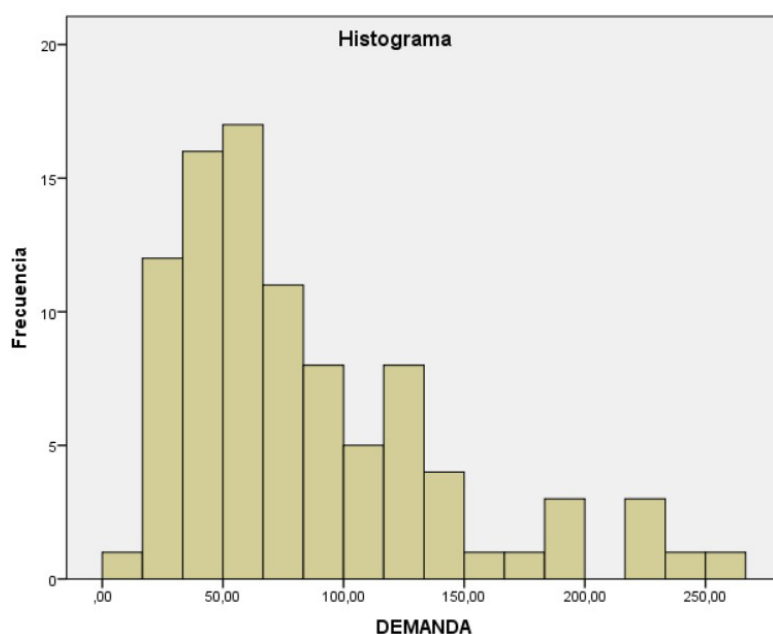
El valor de 303 hogares son los que se establecerán de forma aleatoria en el *software* ArcGis Pro. Posteriormente a esto, se inicia el análisis para establecer el centro de recogida para los hogares. Los criterios para establecer este punto de recogida son la demanda por hogar y la proximidad al punto medio.

Considerando el tamaño de muestra, que asciende a 210 hogares, se realizó la extrapolación de la demanda a través de la normalización de los datos obtenidos en la encuesta.

Inicialmente, se procedió a verificar si los datos de la encuesta pertenecían a una distribución normal utilizando el *software* SPSS, obteniendo como resultado que el nivel de significancia es menor del 0,05, por lo que los datos no siguen una distribución normal.

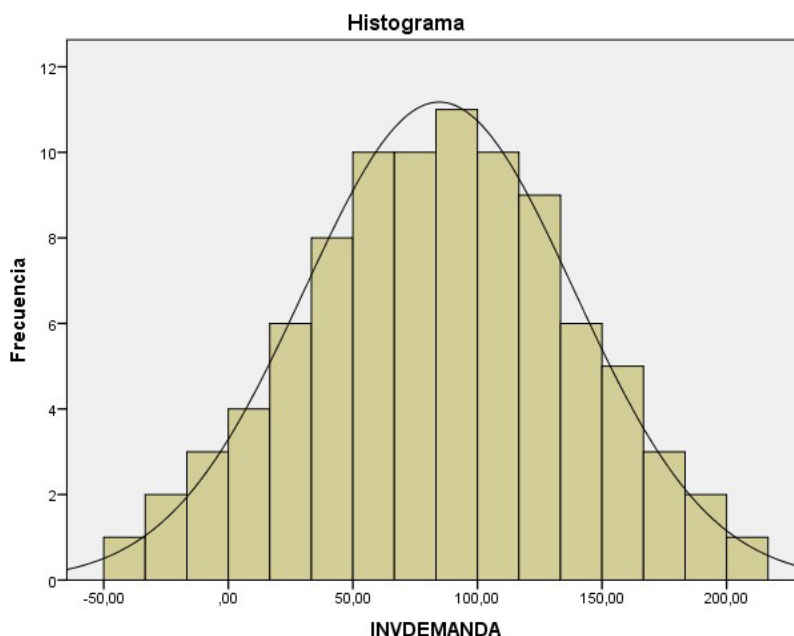
Figura 3
Demanda de alimentos frescos en el *software* SPSS

DEMANDA



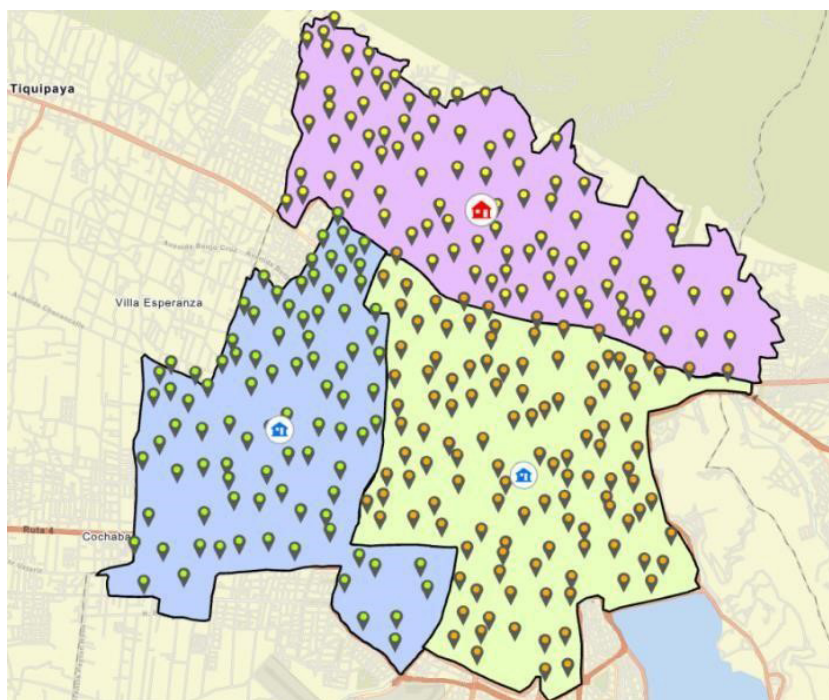
Posteriormente, se utilizaron herramientas de SPSS para la transformación de los datos. La transformación de datos se realizó con la función inversa, obteniendo un nivel de significancia mayor de 0,05. En la figura 4, se muestra un histograma, el cual sigue un comportamiento normal, generado por el *software* SPSS.

Figura 4
Distribución normal de la demanda de alimentos frescos en el *software* SPSS



Una vez normalizada la demanda, se procede a su extrapolación a los 303 hogares para establecer los puntos de recogida. El establecimiento se realizó a través de la función *mean center* del *software* ArcGis Pro (Environmental Systems Research Institute, 2022) (véase la figura 2). La función *mean center* proporciona un punto que representa el punto medio de los datos geográficos en términos de coordenadas considerando la demanda normalizada.

Figura 5
Puntos de recogida en cada comuna



Fuente: elaboración propia con ArcGis Pro.

Centro de acopio y/o distribución de los alimentos frescos

Una vez que se realizó el mapeo de los productores potenciales, se procedió a determinar el punto central, para lo cual se utilizó la función de centro promedio disponible en el programa ArcGIS Pro. El centro promedio establece el punto intermedio entre varias ubicaciones geográficas al tomar en cuenta las coordenadas X e Y de cada posición mediante ponderación. Este punto representa el equilibrio de las ubicaciones y se determina al promediar aritméticamente las coordenadas X e Y.

El proceso de cálculo del centro promedio se realiza de la siguiente manera: en primer lugar, se selecciona un conjunto de puntos geográficos. Como segundo paso, se coloca la demanda/oferta como el peso para el cálculo. Como último paso, a través de la función *mean center*, ArcGIS Pro calcula las coordenadas promedio de todos estos puntos en función de sus coordenadas X e Y. Al emplear la función *mean center*, se determinó que la posición óptima para el centro de distribución es en las coordenadas X:

Modelo matemático BOPS

- Las ubicaciones de los productores están predeterminadas y fijas.
- Restricción del punto de partida: indica que el punto de partida de todas las rutas se asume en las coordenadas (17,3930648; -66,0675038) del centro de recolección y distribución.
- El inventario inicial en los centros de distribución es cero.
- Las ubicaciones de los puntos de distribución están predeterminadas y fijas.
- Las demandas de los puntos de distribución se establecen con base en la demanda de cada comuna de la zona central y norte.

En el modelo matemático, los índices corresponden a i, j, l, t , que incluyen a los productores, los puntos de distribución, el centro de recolección y el tiempo, respectivamente. La tabla 3 presenta los parámetros del modelo BOPS.

Tabla 5
Parámetros del modelo BOPS

Parámetro	Detalle	Valor
f_l	Costo incurrido por la apertura de un centro de acopio y distribución (\$)	400
F_{j1}	Costo incurrido por la apertura del punto de distribución 1 en la ciudad (\$)	12 304
F_{j2}	Costo incurrido por la apertura del punto de distribución 2 en la ciudad (\$)	17 333
F_{j3}	Costo incurrido por la apertura del punto de distribución 3 en la ciudad (\$)	26 385
D_c	Costo por transporte por kilómetro desde r a r' (\$)	0,26
d	Distancia desde un punto r (i, l, j) a un punto r' (i, l, j) (km)	
C	Capacidad del centro de recolección (kg)	5000
Ch	Costo de mantenimiento de inventario en el centro de recolección l en el tiempo t	Normal (8,94; 1,98)
C_{pl}	Costo de procesamiento y empaque (\$)	Normal (2,30; 0,42)
D_j	Demanda del punto de recogida al centro de recolección	Normal (795,32; 71,96)
P	Porcentaje de respuesta a la demanda	0,87
B_t	Porcentaje de desperdicio de producto en la cadena de suministro	0,22

Variables de decisión

A continuación, se presentan en la tabla 6 las variables de decisión.

Tabla 6
Variables de decisión para el modelo BOPS

Variable	Detalle
X_{il}	Flujo de producto desde la ubicación i (productores) a la ubicación l (centro de recolección) en kg
Y_{lj}	Flujo de producto desde la ubicación l (centro de recolección) a la ubicación j (puntos de recogida) en kg
I_{hl}	Cantidad de productos almacenados y procesados por el centro de recolección l en kg

Funciones objetivo

Este modelo matemático propuesto tiene dos funciones objetivo: minimizar el costo y maximizar la respuesta a la demanda de los clientes finales, como se describe a continuación.

$$\text{Min } Z_{\text{cost}} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5$$

Ecuación (1): $Z_1 = f_l + \sum_{j=1}^J f_l$

Ecuación (2): $Z_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T X_{ilt} * d_{il} * d_c + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T X_{jlt} * d_{lj} * d_c$

Ecuación (3): $Z_3 = \sum_{t=1}^T Ih_{lt} * ch_{lt}$

Ecuación (4): $Z_4 = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T X_{ilt} * cp_{lt}$

Ecuación (5): $Z_5 = \sum_{t=1}^T B_t * Ih_{l(t-1)}$

La ecuación (1) corresponde al costo de apertura del centro de almacenamiento y los puntos de recogida de alimentos establecidos en cada comunidad del municipio de Cercado. La ecuación (2) se refiere al costo de transporte del producto en los distintos puntos del modelo propuesto, considerando el flujo de productos, la distancia y el costo por kilómetro recorrido. La ecuación (3) representa el costo aproximado para el mantenimiento en el centro de almacenamiento de frutas y verduras, multiplicado por la cantidad de productos almacenados y procesados. La ecuación (4) presenta el costo aproximado de procesamiento de productos en el centro de distribución, multiplicado por la cantidad de flujo de productos que ingresan a la cadena de suministro desde los productores hasta el centro de almacenamiento. La ecuación (5) describe el costo aproximado del desperdicio de frutas y verduras a lo largo de la cadena de suministro.

La segunda función objetivo tiene como objetivo maximizar la capacidad de respuesta a la demanda del cliente en ambos flujos. Consiste en una fracción que determina el porcentaje de demanda satisfecha para la logística directa e inversa. Esta fracción divide la cantidad de flujos entrantes al punto de distribución por la demanda total de frutas de los puntos de recogida. El valor máximo de esta función se alcanza cuando la cantidad de flujos entrantes a las áreas de distribución es igual al nivel de demanda.

$$\text{Max } Z^{\text{respuesta de demanda}} = \rho * \left[\frac{\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{t'} X_{jlt}}{\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{t'} d_{jt}} \right]$$

Restricciones

Restricción 1: $X_{ilt} * (1 - \beta_t) = \sum_{j=1}^J X_{jlt} \quad \forall l \in L, t' \in T$

Restricción 2: $Ih_{l(t-1)} + \sum_{i=1}^I X_{ilt} = Ih_{lt} + \sum_{j=1}^J X_{jlt} \quad \forall j \in J, t' \in T$

Restricción 3: $X_{ijt} \leq d_{jt} \quad \forall j \in J, t' \in T$

La restricción (1) se refiere a la cantidad enviada desde el productor «i» al centro de acopio y/o distribución, menos el porcentaje de desperdicio, que es igual a la cantidad enviada a los puntos de recogida «j» ubicados en diferentes lugares de la ciudad de Cochabamba. La restricción (2) se refiere al nivel de inventario en el centro de acopio y/o distribución, que es equivalente al nivel de inventario del período anterior más la cantidad de productos recibidos de los productores, lo que equivale al nivel de inventario en el centro de distribución más la cantidad de productos enviados desde el centro de distribución al centro de recogida en cada comuna. La restricción (3) considera que la demanda de cada punto de recogida al centro de distribución debe ser mayor o igual a la cantidad de productos recibidos de los productores y del centro de distribución.

Finalmente, se presentan las restricciones de binarias y no negatividad en las variables de decisión correspondientes.

$$\begin{aligned} X_{rr't} &\geq 0 \quad \forall r \in \{I, J, L\} \quad r' \in \{I, J, L\} \quad t' \in T \\ I h_{it} &\geq 0 \quad X_{it} \geq 0 \quad Y_{jt} \geq 0 \quad \beta_t \geq 0 \quad \lambda_i \geq 0 \quad \forall i \in I \quad l \in L \quad t' \in T \end{aligned}$$

VRP modelo matemático

El modelo de enrutamiento de vehículos aplicado en este estudio fue extraído de Francis *et al.* (2008). Fue construido considerando las siguientes suposiciones. El modelo VRP solo atenderá al sector Horeca y los puntos de recogida convenientes para los hogares que se realizó a través del *software* ArgisPro. Se consideran varios aspectos cruciales para diseñar una solución logística eficiente, que fueron reflejados como condiciones del modelo:

- cada vehículo tiene una capacidad de carga máxima de 2,5 toneladas;
- la velocidad promedio de los vehículos es de 25 km/h, y se ha considerado tiempo adicional para la descarga;
- se han identificado 111 puntos de entrega basados en las frecuencias de compra; y
- restricción del punto de partida: indica que el punto de partida de todas las rutas se asume en las coordenadas (17,3930648; -66,0675038) del centro de recolección y distribución.

El tiempo de viaje para cada vehículo está limitado a ocho horas, conforme a las horas laborales del país. Los datos de la encuesta y los días en que los productores realizan sus cosechas nos han permitido reconocer diversas frecuencias de pedidos, que incluyen pedidos diarios, el primer

y el tercer miércoles del mes; todos los lunes, martes y viernes; así como cada lunes. Para establecer la frecuencia de los pedidos, los representantes fueron organizados en grupos basados en las solicitudes previas que habían generado. La clasificación se realizó en tres conjuntos con una puntuación de silueta de 0,7 generada por el *software* Orange. Con base en la segmentación según la demanda, se asignaron las frecuencias de pedido manteniendo la proporción dada para cada grupo.

Los índices corresponden a i, j , los cuales incluyen el centro de recolección y distribución y los clientes (Horeca, puntos de recogida) respectivamente. La tabla 7 presenta los parámetros de este modelo y la tabla i presenta las variables de decisión.

Tabla 7
Parámetros del modelo VRP

Detalle	Descripción
d_i	Demanda de los clientes
Q	Capacidad máxima del vehículo
r_{ji}	Ruta desde el centro de recolección y distribución hasta los clientes
x_i	Ubicación de los clientes
x_j	Ubicación del centro de recolección y distribución
f	Frecuencia de compra de los clientes
xif	Frecuencia de compra del representante del sector Horeca
t	Tiempo de entrega del producto
n	Número total de nodos
d_j	Demanda desde el punto de distribución al centro de recolección
p	Porcentaje de demanda atendida
βt	Porcentaje de desperdicio de productos en la cadena de suministro

Tabla 8
Variables de decisión

Variable	Detalle
h_{ij}	Distancia geodésica entre el centro de recolección y distribución y cada cliente
Lrr'	Tiempo máximo de viaje desde la ubicación r (i) a r' (i, j)
L_{ij}	Tiempo de ruta desde el centro de recolección y distribución al representante del sector Horeca

Restricciones

Restricción 1: $\sum_{i=1}^I x_{ri} = 1$

Restricción 2: $\sum_{i=1}^I x_{ri} = 1$

Restricción 3: $\sum_{i=1}^I x_{ij} = \sum_{i=1}^I x_{ji}$

Restricción 4: $\sum_{i=1}^I d_i * x_{ij} = Q$

La restricción (1) indica que, para cada ruta (r), la ruta debe comenzar en el depósito. La restricción (2) representa la restricción de final de ruta, lo que indica que, para cada ruta (r), la ruta debe terminar en el depósito. La restricción (3) indica que, para cada cliente (i), debe haber una conexión saliente hacia otro cliente j o hacia el centro de distribución, para todos los i excepto el depósito. La restricción (4) indica que la demanda no puede exceder la capacidad del vehículo.

Función objetivo

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_i * x_{ij}$$

La función objetivo del problema de enrutamiento de vehículos es minimizar la distancia total recorrida por todos los vehículos. Utiliza variables de decisión binarias representadas por X_{ij} , que indican si un vehículo viaja del nodo i al nodo j. La ecuación de la función objetivo, F, tiene como objetivo asignar rutas a los vehículos para minimizar la suma de las distancias entre los nodos visitados por cada vehículo.

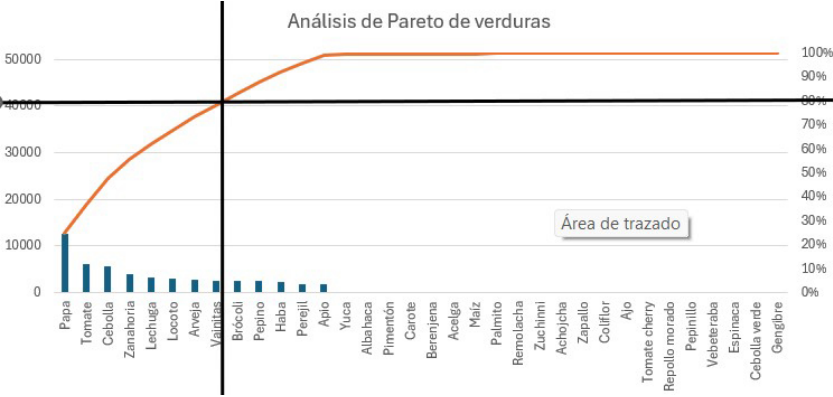
RESULTADOS

Después de recopilar los datos relevantes y aplicar ambos algoritmos a nuestro estudio de caso, los resultados se presentan en tres fases.

Fase I: Recolección y análisis de datos

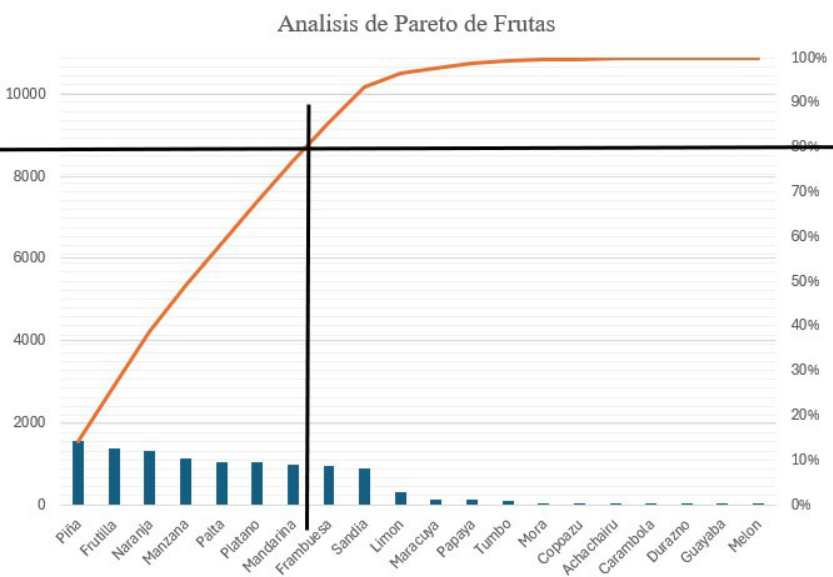
Según los datos recopilados de una muestra de hogares y el sector Horeca, las principales verduras demandadas, obtenidas a partir de un análisis de Pareto, incluyen: papa (25%), tomate (12%), cebolla (11%), zanahoria (8%), lechuga (7%), locoto (6%), arveja (6%) y vainita (5%), como se presenta en la figura 7.

Figura 7
Análisis de Pareto de verduras



Por otro lado, las frutas más demandadas fueron: piña (14%), frutilla (13%), naranja (12%), manzana (10%), palta (10%), plátano (9%) y mandarina (9%), como se muestra en la figura 8.

Figura 8
Análisis de Pareto de frutas



Con base en los datos de las encuestas, las frutas y verduras con mayor demanda obtenidas a través del análisis de Pareto se normalizan para obte-

ner la media y desviación estándar de la demanda de alimentos frescos por parte de los clientes. A partir de esta información, se ha identificado a las regiones productoras de las frutas y verduras seleccionadas, según el volumen de cultivo, como muestra la tabla 9.

Tabla 9
Principales productores de frutas y verduras considerados según volumen de cultivo

Verduras	Municipio	Frutas	Municipio
Papa	Tiraque	Mandarina	Puerto Villarroel
Cebolla	Mizque	Naranja	Puerto Villarroel
Tomate	Omereque	Plátano	Puerto Villarroel
Zanahoria	Mizque	Manzana	Sacaba
Arveja	Pojo	Sandía	Omereque
Vainitas	Pojo	Piña	Entre Ríos (Bulo Bulo)
Haba	Tiraque	Frutilla	Totora
Brócoli	Sipe	Frambuesa	Sacaba
Lechuga	Vinto	Palta	Samaipata
Locoto	Colomi		
Pepino	Sacaba		

Fuente: elaboración propia con base en Sitap (SIIP, 2000).

Fase II: Aplicación de la metodología BOPS

En la metodología BOPS, los resultados del modelo algorítmico con programación lineal realizado en el *software* GAMS muestran una función objetivo que satisface las ecuaciones delineadas en la sección anterior. La tabla 10 presenta la solución óptima del modelo algorítmico de la metodología BOPS.

Tabla 10
Resultados de la metodología BOPS

Función objetivo	Zcost	Zdemand
Óptimo	243 981,00 \$	0,93

La solución óptima obtenida muestra un costo total de US\$ 243 981,00 el cual está compuesto por los costos de apertura de centro de distribución, el transporte de productos desde los productores hasta el centro de distribución, el procesamiento de los alimentos y el empaque necesario para su entrega la evaluación se realizó para un período de un año. Este valor representa el costo mínimo posible para satisfacer la demanda dentro del área de estudio, bajo los parámetros y restricciones del modelo propuesto.

En cuanto a la satisfacción de la demanda, el modelo logró cubrir el 93% de la demanda total en un horizonte de tiempo de 12 meses, identificada considerando al sector Horeca y hogares, lo que significa que aún existe un 7% de demanda insatisfecha. Esto puede estar relacionado con limitaciones en la capacidad de transporte, la disponibilidad de productos o restricciones geográficas que impiden cubrir completamente todas las necesidades del área de estudio.

Fase III: Logística de distribución para canal Horeca con VRP

A continuación, se evaluó la estrategia de distribución. El algoritmo de solución de problema de enrutamiento de vehículos (VRP) ilustra la logística que se llevará a cabo en el proceso de distribución. En la tabla 11, se muestra la ruta asignada para cada día, generada a través del algoritmo implementado en Python. Como se mencionó antes, debido al supuesto sobre la frecuencia de compra, las rutas para martes, jueves y sábados son las mismas. Al mismo tiempo, los miércoles tienen dos opciones dependiendo de la semana específica. Los costos se calcularon en función de la distancia de cada ruta, incluidos factores como el salario del conductor, el consumo de combustible y los costos de mantenimiento del vehículo.

Tabla 11
Logística de distribución con VRP

Día	Número de rutas	1	2	3	4	5	6	7
Lunes	Cantidad de nodos visitados	13	10	17	16	21	12	23
	Tiempo de la ruta en minutos	267	225	315	305	376	239	414
	Costo de la ruta en dólares	11	11	10	10	10	9	12
Martes, jueves y sábado	Cantidad de nodos visitados	20	6					
	Tiempo de la ruta en minutos	366	157					
	Costo de la ruta en dólares	11	9					
Primer miércoles del mes	Cantidad de nodos visitados	11	11	4	16	13	25	
	Tiempo de la ruta en minutos	240	240	130	305	254	442	
	Costo de la ruta en dólares	11	11	9	10	9	12	
Segundo miércoles del mes	Cantidad de nodos visitados	5	17	11	19	25		
	Tiempo de la ruta en minutos	142	314	234	350	435		
	Costo de la ruta en dólares	9	10	10	11	11		
Viernes	Cantidad de nodos visitados	22	14	10	6	25		
	Tiempo de la ruta en minutos	397	277	219	149	435		
	Costo de la ruta en dólares	11	10	10	8	11		

Finalmente, los costos fueron comparados con los potenciales ingresos por la comercialización de los alimentos. Para ello, se realizó una estimación de margen de utilidad considerando la cantidad demandada por parte de los consumidores con base en las encuestas realizadas. Luego, se procedió a realizar el cálculo del precio promedio del kilogramo de alimento fresco con una ponderación basada en la demanda. Comparando los costos del modelo con el precio promedio de venta de estos alimentos, se obtuvo un margen de utilidad del 40% para las verduras y del 17% para las frutas. Esto considerando una cantidad de 3500 kg de producto adquirido desde el productor y la venta al consumidor de 2730 kg, con un porcentaje de desperdicio en todo el proceso, desde la adquisición hasta la distribución, del 22%, de acuerdo con el promedio presentado por la FAO (2020).

Análisis de sensibilidad en distintos escenarios

El diseño del sistema de recepción y entrega de alimentos frescos a través de la metodología BOPS frente a la variación de variables principales afecta a la solución óptima. A continuación, se presenta una tabla de variación de variables realizada en el *software* GAMS.

Tabla 12
Análisis de sensibilidad del sistema bajo la metodología BOPS

Escenario	Costo de transporte	Capacidad centro	Demanda	Desperdicio	Costo óptimo	Demanda insatisfecha
-15%	13	4500	715,79	0,198	219 582,90	102,30%
15%	11	5500	874,85	0,242	268 379,10	83,70%
Base	11	5000	795,32	0,22	243 981,00	93%
-30%	5	4000	636,26	0,176	195 184,80	111,6%
35%	11	6000	954,38	0,264	292 777,20	74,40%

A medida que los costos de transporte, almacenamiento y procesamiento aumentan, el costo total del modelo se incrementa hasta en un 35%, lo que muestra que un estudio de viabilidad económica aportaría para tener mayor exactitud en el diseño propuesto. Paralelamente, el incremento en los costos y el desperdicio generan una reducción en la capacidad de respuesta a la demanda, llegando hasta un 74,4% de satisfacción, mientras que una reducción en los costos puede incluso generar una sobreoferta, con valores superiores al 100%. Estos resultados reflejan la sensibilidad del modelo ante variaciones en los costos operativos, siendo el transporte y el desperdicio los factores que más afectan la eficiencia del sistema, comprometiendo su capacidad para responder de manera óptima a la demanda del mercado.

En cuanto al modelo de distribución de los puntos de recogida y el sector Horeca, se realizó un análisis utilizando el programa de Anylogic, en cuya primera parte se realizó el establecimiento de los puntos de recogida y la ubicación de los representantes del sector Horeca. Después, se le asignó un evento. Este evento consiste en un mensaje que se envía al agente vehículo, en el que se incluye la demanda y la ubicación del establecimiento.

El análisis de sensibilidad se realiza para cada una de las rutas, y cada ruta se evaluó en el escenario en el que la demanda sea del -75% y la demanda máxima, de acuerdo con las horas laborales en el país (ocho horas).

A continuación, se presenta el análisis para las rutas encontradas en el día lunes.

Tabla 13
Análisis de sensibilidad del sistema de distribución en Anylogic, día lunes

Primera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Quinta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	4	27		Resultados del algoritmo	6	16	
Mínimo	2	15	-75%	Mínimo	2	48	-75%
Escenario base	4	41	0%	Escenario base	6	43	0%
Máximo	8	1	103%	Máximo	8	0	24%
Segunda ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Sexta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	3	45		Resultados del algoritmo	3	59	
Mínimo	2	5	-75%	Mínimo	1	55	-75%
Escenario base	3	58	0%	Escenario base	4	10	0%
Máximo	8	0	162%	Máximo	8	1	128%

Tercera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Séptima ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	5	15		Resultados del algoritmo	6	54	
Mínimo	2	22	-75%	Mínimo	3	10	-75%
Escenario base	5	33	0%	Escenario base	7	41	0%
Máximo	7	59	57%	Máximo	8	0	5%
Cuarta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje				
	Horas	Minutos					
Resultados del algoritmo	5	5					
Mínimo	2	21	-75%				
Escenario base	5	21	0%				
Máximo	8	0	66%				

A continuación, se presenta el análisis de los días martes, jueves y sábado.

Tabla 14
Análisis de sensibilidad del sistema de distribución en Anylogic, días martes, jueves y sábado

Primera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Segunda ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultado del algoritmo	6	6	N/A	Resultado del algoritmo	2	37	N/A
Mínimo	2	48	-75%	Mínimo	1	30	-75%
Escenario base	6	33	0%	Escenario base	2	38	0%
Máximo	8	1	29%	Máximo	8	5	363%

A continuación, se presenta el análisis del primer miércoles del mes.

Tabla 15
Análisis de sensibilidad del sistema de distribución en Anylogic, día miércoles

Primera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Cuarta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	4	0		Resultados del algoritmo	5	5	
Mínimo	2	8	-75%	Mínimo	2	22	-75%
Escenario base	4	12	0%	Escenario base	5	22	0%
Máximo	8	2	140%	Máximo	7	58	65%
Segunda ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Quinta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	4	0		Resultados del algoritmo	4	14	
Mínimo	2	6	-75%	Mínimo	1	58	-75%
Escenario base	4	10	0%	Escenario base	4	24	0%
Máximo	7	59	139%	Máximo	7	29	110%
Tercera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Sexta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	2	10		Resultados del algoritmo	7	22	
Mínimo	1	19	-75%	Mínimo	3	18	-75%
Escenario base	2	4	0%	Escenario base	8	0	0%
Máximo	7	59	592%	Máximo			0%

A continuación, se presenta el tercer miércoles del mes. Este análisis se realizó debido a que la frecuencia de compra varía bastante en él.

Tabla 15
Análisis de sensibilidad del sistema de distribución en Anylogic, día miércoles

Primera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Cuarta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	2	22		Resultados del algoritmo	5	50	
Mínimo	1	22	-75%	Mínimo	2	41	-75%
Escenario base	2	18	0%	Escenario base	6	15	0%
Máximo	8	0	456%	Máximo	8	1	37%
Segunda ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Quinta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	5	14		Resultados del algoritmo	7	15	
Mínimo	2	20	-75%	Mínimo	3	8	-75%
Escenario base	5	32	0%	Escenario base	7	49	0%
Máximo	8	0	58%	Máximo	7	59	3%
Tercera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje				
	Horas	Minutos					
Resultados del algoritmo	3	54					
Mínimo	2	2	-75%				
Escenario base	4	6	0%				
Máximo	8	0	142%				

A continuación, se presenta el análisis realizado para el día viernes.

Tabla 16
Análisis de sensibilidad del sistema de distribución en Anylogic, día viernes

Primera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Cuarta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	6	37		Resultados del algoritmo	2	29	
Mínimo	3	0	-75%	Mínimo	1	27	-75%
Escenario base	7	7	0%	Escenario base	2	34	0%
Máximo	7	59	15%	Máximo	7	59	361%
Segunda ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje	Quinta ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje
	Horas	Minutos			Horas	Minutos	
Resultados del algoritmo	4	37		Resultados del algoritmo	7	15	
Mínimo	2	9	-75%	Mínimo	3	0	-75%
Escenario base	4	47	0%	Escenario base	7	41	0%
Máximo	8	0	92%	Máximo	7	59	5%
Tercera ruta	Tiempo de recorrido		Porcentaje				
	Horas	Minutos					
Resultados del algoritmo	3	39					
Mínimo	1	53	-75%				
Escenario base	3	45	0%				
Máximo	8	0	170%				

Interpretación

En lo que respecta a la reducción de la demanda en un 75%, se observa que el tiempo de recorrido varía significativamente en todas las rutas. Además, en el escenario base, los resultados muestran una proximidad con los obtenidos mediante el algoritmo VRP. Es importante destacar que ambos

modelos son completamente independientes, por lo que esta coincidencia también valida el correcto funcionamiento del algoritmo.

En el escenario base, generalmente, la simulación arroja tiempos ligeramente más altos, ya que considera las rutas reales de la ciudad, mientras que el VRP solo toma en cuenta la distancia geodésica entre los puntos.

Por último, en el escenario máximo, el límite está determinado por las horas laborales, que en Bolivia son ocho. En algunas rutas, existe una holgura considerable, como en la tercera ruta del primer miércoles del mes. Sin embargo, también hay casos en los que la holgura es inexistente, dado que el camión permanece en la ruta durante las ocho horas, como sucede en la sexta ruta del primer miércoles del mes.

Discusión

La metodología BOPS (*buy online and pick-up in store*) aplicada en el estudio se combina con el problema de enrutamiento de vehículos (VRP), lo que permite optimizar la distribución de productos frescos, reduciendo la dependencia de intermediarios y minimizando tiempos de entrega. La optimización de la distribución bajo este enfoque puede beneficiarse de una comparación con otros métodos tradicionales de optimización. Por ejemplo, el uso de la técnica de suma ponderada (LP-Metric) permitiría asignar diferentes pesos a variables clave como el costo, la capacidad de respuesta a la demanda y la reducción de desperdicio, lo que facilitaría la priorización de objetivos en la planificación logística. De manera similar, el método de restricción épsilon (ϵ -Constraint) ayudaría a generar múltiples soluciones eficientes en Pareto, proporcionando alternativas en escenarios donde el balance entre costo y cobertura de demanda es crítico para la toma de decisiones estratégicas.

Estos métodos tradicionales pueden integrarse al modelo actual para mejorar la eficiencia del canal de distribución, especialmente en un contexto en el que la estacionalidad de los productos afecta la disponibilidad y los costos. En este sentido, la implementación de modelos de optimización combinados, como un enfoque híbrido entre BOPS y métodos heurísticos como VRP, junto con técnicas de optimización multiobjetivo como ϵ -Constraint, podría ofrecer soluciones más adaptativas ante fluctuaciones en la oferta de productos. Esto permitiría anticipar cambios estacionales en la producción, ajustar las rutas de distribución en tiempo real y optimizar la asignación de recursos en función de la demanda y disponibilidad.

En estudios previos sobre distribución de alimentos frescos, como el modelo de cadenas cortas de suministro (Kneafsey *et al.*, 2013) y el uso de plataformas digitales para la comercialización agrícola (Mukerji, 2020), se

han identificado beneficios en términos de reducción de intermediarios y optimización de la logística de entrega. Sin embargo, estos enfoques generalmente se han desarrollado en mercados con una infraestructura tecnológica y de transporte más avanzada. En el contexto de Cochabamba, la aplicación de la metodología BOPS integrada con el problema de enrutamiento de vehículos (VRP) representa una innovación significativa, ya que adapta un modelo logístico optimizado a una realidad en la que la informalidad del comercio, la estacionalidad de los productos y la fragmentación del mercado representan desafíos estructurales.

Por otro lado, la metodología BOPS tiene como objetivo maximizar la capacidad de respuesta a la demanda, la cual puede variar según la frecuencia y el volumen de las compras de alimentos, considerando los diferentes perfiles de consumidores en los hogares. Por ejemplo, un consumidor puede no tener tiempo para realizar compras en mercados convencionales.

Aunque se han logrado los objetivos de ambos modelos, aún existen variables por explorar, siendo el costo operativo una de las más significativas. Si bien estos costos han sido considerados, el enfoque principal del estudio ha sido la viabilidad, sin explorar en profundidad la factibilidad económica. Por lo tanto, es recomendable realizar un estudio más específico sobre los costos operativos para evaluar la sostenibilidad financiera del proyecto.

Conclusiones e investigaciones futuras

El estudio realizado aborda la pregunta de investigación al demostrar la viabilidad de crear un canal directo entre productores y consumidores de alimentos frescos en el departamento de Cochabamba. Este estudio trata el problema del desperdicio de alimentos en Cochabamba, proponiendo una metodología integral basada en BOPS y modelos de enrutamiento. A través de un análisis de Pareto, se identificaron las principales verduras y frutas demandadas en la región. La aplicación de la metodología BOPS reveló una función objetivo orientada a minimizar costos y maximizar la capacidad de respuesta a la demanda con valores específicos.

Por otro lado, incorporar el capital humano y los costos asociados con la puesta en marcha del equipo en el modelo representa un paso importante para mejorar la efectividad de la metodología BOPS. Además, la evaluación mediante otro algoritmo de optimización, como el método de optimización multiobjetivo de Tchebycheff, podría ofrecer mejoras adicionales en el análisis. El diseño de un canal mixto bajo la metodología BOPS, con una alternativa de entrega modelada a través de la distribución con el problema de enrutamiento de vehículos (VRP), tiene como objetivo conectar directamente a los productores con los clientes. Este modelo se desarrolla

considerando el uso de nuevas tecnologías de la información, por lo que la identificación de un público objetivo familiarizado con estas tendencias es clave. Asimismo, el diseño no solo contempla la logística operativa, sino también la distribución eficiente mediante el VRP, asegurando que los productos lleguen a los consumidores con los atributos más valorados, como la frescura y la calidad.

El problema de enrutamiento de vehículos proporcionó rutas asignadas para diferentes días de la semana, optimizando la eficiencia en la entrega de alimentos a los puntos de distribución. En síntesis, se puede concluir que sí existe una viabilidad operativa para la implementación de este canal mixto.

Para investigaciones futuras, se recomienda validar la metodología propuesta a través de implementaciones piloto y ajustar en función de la retroalimentación del campo. Esto incluye el cálculo de costos operativos, costos de inversión inicial, regulaciones políticas y normas sanitarias que permitan el estudio de prefactibilidad de un canal directo entre productores y consumidores.

Considerando al productor de alimentos frescos como foco central, este se enfrenta a desafíos comerciales, como las reglas de negociación impuestas por el intermediario. También se enfrenta a condiciones climáticas, como sequías, olas de calor, clima fuera de temporada y falta de lluvias, que afectan a su producción y vulneran la seguridad alimentaria del país. Por ello, se sugiere implementar un estudio de análisis de riesgos acompañado de un plan de acción que permita identificar y mitigar los múltiples factores que inciden en la cadena de distribución de alimentos.

Además, se sugiere explorar la escalabilidad de la metodología para hacer frente al crecimiento a largo plazo y a los cambios en la demanda. La evaluación de la participación de la comunidad es crucial para fomentar la aceptación y sostenibilidad a largo plazo. Al mismo tiempo, implementar sistemas de optimización continua surge como una estrategia efectiva para adaptarse a los cambios dinámicos en la oferta, la demanda y las condiciones del mercado.

Se sugiere la expansión del alcance de la investigación, ya que actualmente está limitada a áreas específicas de Cochabamba y a la selección de un sector particular. Modificar estos dos aspectos permitiría alcanzar un segmento de mercado más amplio. De manera similar, se recomienda extender el estudio a otros tipos de alimentos, ya que el estudio presentado solo cubre frutas y verduras.

Referencias

- Acosta, A. L. (2017). *Canales de distribución*. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina.
- Acosta-Agudelo, M. M., Giraldo, D. P., Vélez-Acosta, L. M., & FernándezLedesma, J. (2021). Análisis del papel de los intermediarios en el mercado agrícola tradicional: caso de estudio Antioquia, Colombia. *Revista Lasallista de Investigación*, 18(1), 7-24. <https://doi.org/10.22507/rli.v18n1a1>
- Blanco-Capia, L. E. (2021). La cadena de valor de hortalizas: consideraciones para el desarrollo local a partir del productor. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), 41-52. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100041>
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Dubé, L., McRae, C., Wu, Y. H., Ghosh, S., Allen, S., Ross, D., Ray, S., Joshi, P. K., McDermott, J., Jha, S., & Moore, S. (2020). Impact of the eKutir ICT-enabled social enterprise and its distributed micro-entrepreneur strategy on fruit and vegetable consumption: A quasiexperimental study in rural and urban communities in Odisha, India. *Food Policy*, 90, 101787. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2019.101787>
- Enjolras, G., Aubert, M., & Aubert, M. (2020). Short food supply chains and the issue of sustainability: A case study of French fruit producers. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 46(3).
- Environmental Systems Research Institute. (2022). *ArcGIS Pro*. <https://www.esri.com/enus/arcgis/products/arcgis-pro/resources>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. En *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020*. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Frutas Feas. (2020). *¿Frutas feas? El sabor está en el interior*. <https://www.frutasfeas.com/frutasfeas-cms-4-50-49/>
- Fundación E. (2001). *¿Cómo calcular tu porcentaje de participación de mercado? Emprendedor*. <https://emprendedor.com/como-calcular-tu-participacion-de-mercado-y-punto-de-equilibrio/>
- Haimes, Y. Y. (1971). *Hierarchical analysis of water resources systems: Modeling and optimization of large-scale systems*. McGraw-Hill.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer.
- Jin, Y., Ge, X., Zhang, L., & Ren, J. (2022). A two-stage algorithm for bi-objective logistics model of cash-in-transit vehicle routing problems with economic and environmental optimization based on real-time traffic data. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100273. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100273>
- Kneafsey, M. et al. (2013). *Short food supply chains and local food systems in the EU. A state of play of their socio-economic characteristics*. JRC Scientific and Policy Reports.
- Laumanns, M., Thiele, L., & Zitzler, E. (2006). An efficient, adaptive parameter variation scheme for metaheuristics based on the epsilon-constraint method. *European Journal of Operational Research*, 169(3), 932-942. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.08.029>

- Li, Z., Li, S., & Mei, W. (2023). Buy online and pickup in-store: Co-opetition strategy of omnichannel supply chain. *Electronic Commerce Research*, 25, 369-417. <https://doi.org/10.1007/s10660-023-09693-6>
- Los Tiempos*. (2020, 29 de septiembre). Miden la abundancia y pobreza extrema por el desperdicio de alimentos. *Los Tiempos*. <https://www.lostiempos.com/doble-click/vida/20200929/miden-abundancia-pobreza-extrema-desperdicio-alimentos>
- Lüer, A., Benavente, M., Bustos, J., & Venegas, B. (2009). El problema de rutas de vehículos: extensiones y métodos de resolución estado del arte. En *Workshop Internacional EIG 2009 – Actas 3.º Encuentro Informática y Gestión*. CEUR Workshop Proceedings Vol. 558.
- Mukerji, M. (2020). Re-examining strategic and developmental implications of e-Choupal, India. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 86(4), e12132. <https://doi.org/10.1002/ISD2.12132>
- Opinión*. (2017, 30 de septiembre). La Llajta lidera la producción de fruta en Bolivia con 36%. *Opinión*. <https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/llajta-lidera-produccion-fruta-bolivia-36-ciento/20170930205700591438.html>
- Sabar, N. R., Bhaskar, A., Chung, E., Turkey, A., & Song, A. (2019). A self-adaptive evolutionary algorithm for dynamic vehicle routing problems with traffic congestion. *Swarm and Evolutionary Computation*, 44, 1018-1027. <https://doi.org/10.1016/J.SWEVO.2018.10.015>
- SIIP (Sistema Integrado de Información Productiva). (2000). Sitap, base de datos. https://siip.produccion.gob.bo/atlas/COCHABAMBA.php?cod_mun=31201
- Singanamala, P., Dharma Reddy, K., & Venkataramaiah, P. (2018). Solution to a multi-depot vehicle routing problem using K-means algorithm, Clarke and Wright Algorithm and Ant Colony Optimization. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(21), 15236-15246. <http://www.ripublication.com>
- Solanki, S., & Inumula, K. M. (2021). Farmers' markets: An analysis of the determinants of consumers' attitudes and behavior. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 11(1), 63-70. <https://doi.org/10.18488/journal.ajard.2021.111.63.70>
- Sutradhar, R., & Das, A. (2020). Supermarkets and rural inequality in India: A case study of reliance fresh. *International Journal of Rural Management*, 16(1), 81-104. <https://doi.org/10.1177/0973005219898918>
- Wilim, N. N., & Oetama, R. S. (2021). *Sentiment analysis about Indonesian Lawyers Club Television program using K-Nearest Neighbor, Naïve Bayes Classifier, and Decision Tree*. *International Journal of New Media Technology*, 8(1), 50-56.
- Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D., & Cheikhrouhou, N. (2021). Design of multi-objective sustainable food distribution network in the Indian context with multiple delivery channels. *Computers and Industrial Engineering*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107549>

Anexos

Anexo 1

Cálculo del tamaño de la muestra

Para ambos cálculos, se utilizó la fórmula de muestreo de una población finita

Ecuación 1

Fórmula para encontrar la muestra de una población finita

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

El cálculo del tamaño de muestra que corresponda al sector Horeca se basa en los valores que «p» y «q» asumirán, y estos son derivados de la proporción identificada a través de un filtro en la encuesta. Este filtro incluyó una pregunta que indagaba: «¿Estaría dispuesto/a **a adquirir frutas y verduras a través de una compra online y el delivery a su establecimiento?**». A partir de esta pregunta, se obtuvo una tasa de respuesta afirmativa del 80% y una tasa negativa del 20%. El porcentaje afirmativo se considera como la probabilidad de éxito, mientras que el porcentaje negativo se utiliza como la probabilidad de fracaso en el cálculo del tamaño de muestra.

Una vez recopilada toda la información necesaria, se procedió a realizar el cálculo del tamaño de muestra óptimo, el cual se presenta a continuación:

$$n = \frac{105 * 1,96^2 * 0,8 * 0,2}{0,06^2 * (110 - 1) + 1,96^2 * 0,8 * 0,2}$$
$$n = 66$$

Se determinó que se deben llevar a cabo un total de 66 encuestas entre los miembros del sector Horeca.

Por otro lado, para los hogares se consideraron los siguientes datos:

n: tamaño de la muestra

N: población, 872 510 habitantes

Z: nivel de confianza al 95%

E: error 5%

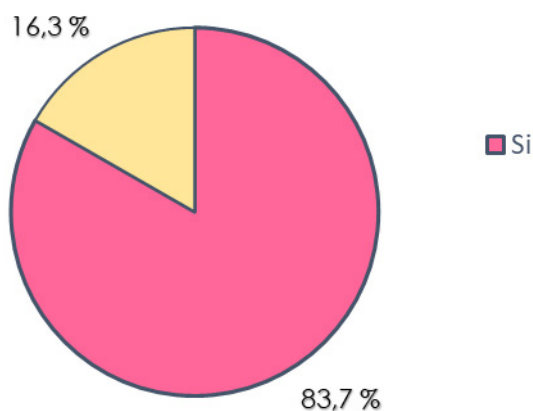
p: probabilidad de éxito

q: probabilidad de fracaso

Para el valor que adoptarán «p» y «q», se realiza el cálculo de muestreo considerando la proporción obtenida en el primer filtro de la encuesta, en la que se realizó la pregunta siguiente: «**¿Usted es el encargado/a de realizar las compras de frutas y verduras para su hogar?**». En la encuesta, la cantidad de respuestas ascendió a 267.

En la figura 1, se evidencia que el 83,7% de los encuestados sí realizan compras de alimentos frescos. Este porcentaje se considera como la probabilidad de éxito. En cambio, el porcentaje de los consumidores que no realizan compras es la probabilidad de fracaso.

Figura 1
Proporción de la población que realiza compras de alimentos frescos



Elaboración propia.

A continuación, se realizan los cálculos para el tamaño de la muestra optima:

$$n = \frac{872.718 * 1,96^2 * 0,837 * 0,163}{0,05^2 * (872.718 - 1) + 1,96^2 * 0,837 * 0,163}$$

$$n = 210$$

Anexo 2

Encuesta a consumidores de alimentos frescos

La cadena de suministros de alimentos frescos es un proceso complejo que involucra múltiples actores y etapas, desde la producción hasta la distribución y venta al consumidor final. En este contexto, es importante conocer las características que los consumidores de frutas y verduras aprecian, ya que esto puede influir en la toma de decisiones de los productores y distribuidores de alimentos frescos. Por ello, se realiza esta encuesta dirigida a los consumidores de alimentos frescos, con el objetivo de conocer sus preferencias y opiniones sobre las frutas y verduras que consumen, así como los aspectos que valoran en la cadena de suministro de estos productos. Con esta información, se busca mejorar la calidad de los productos ofrecidos, así como la eficiencia y transparencia en la cadena de suministro.

1. ¿Cuál es su edad actual?
 - a) Menos de 18 años
 - b) 19-29 años
 - c) 30-40 años
 - d) 41-51 años
 - e) 52-62 años
 - f) Mayor de 62 años
2. ¿Cuál es su género?
 - a) Hombre
 - b) Mujer
 - c) Prefiero no decirlo
3. ¿Cuál es su nivel educativo alcanzado?
 - a) Primaria incompleta
 - b) Primaria completa
 - c) Secundaria incompleta
 - d) Secundaria completa
 - e) Carrera técnica
 - f) Universitario/a incompleto/a
 - g) Universitario/a completo/a
 - h) Posgrado completo
4. ¿Cuántas personas viven en su hogar, incluyéndose a sí mismo?
 - a) Solo/a
 - b) Dos personas
 - c) Tres personas

- d) Cuatro personas
 - e) Más de cuatro personas
5. ¿Cuál es su ingreso familiar mensual?
- a) Menos de 2250 bolivianos
 - b) De 2250 a 4499 bolivianos
 - c) De 4500 a 6749 bolivianos
 - d) De 6750 a 8999 bolivianos
 - e) De 9000 a 13 500 bolivianos
 - f) Más de 13 500 bolivianos
6. ¿Cuál es el presupuesto semanal destinado a la compra de alimentos en general para su hogar?
- a) Menos de 100 bolivianos
 - b) Entre 100 y 200 bolivianos
 - c) Entre 200 y 300 bolivianos
 - d) Entre 300 y 400 bolivianos
 - e) Más de 400 bolivianos
7. ¿Cuál es el presupuesto semanal destinado a la compra de solo frutas y verduras para su hogar?
- a) Menos de 20 bolivianos
 - b) Entre 20 y 40 bolivianos
 - c) Entre 40 y 60 bolivianos
 - d) Entre 60 y 80 bolivianos
 - e) Más de 80 bolivianos

COMPRA DE FRUTAS Y VERDURAS

8. ¿Cuál es el canal de compra de su preferencia para adquirir frutas y verduras?
- a) Supermercados
 - b) Mercados locales
 - c) Pedidos en línea
 - d) Tienda de barrio
 - e) Verdulería
 - f) Feria

9. ¿Qué características busca en las frutas y verduras que compra en el canal seleccionado?
- a) Frescura
 - b) Calidad
 - c) Sabor
 - d) Aspecto visual
 - e) Precio
 - f) Disponibilidad
10. ¿Cuál es la razón principal por la cual prefiere realizar sus compras en el canal seleccionado?
- a) Variedad de productos
 - b) Precios competitivos
 - c) Comodidad
 - d) Horarios de atención
 - e) Calidad y apariencia de los productos
 - f) Ofertas y promociones
 - g) Ubicación conveniente
11. ¿Cuál es tu percepción sobre la importancia del precio de los alimentos que compra?
- a) Muy importante
 - b) Importante
 - c) Neutro
 - d) Poco importante
 - e) No importante
12. ¿Cuáles son los medios de pago que utiliza para realizar sus compras?
- a) Efectivo
 - b) Tarjeta de débito
 - c) Tarjeta de crédito
 - d) Pago móvil (como pagos con QR)
 - e) Subsidio
13. ¿Cuál es el medio de transporte que utiliza para realizar sus compras?
- a) Vehículo propio
 - b) Transporte público
 - c) Taxi o servicio de transporte similar
 - d) Caminando

14. Seleccione las verduras que prioriza en su compra.

	Menos de media cuartilla	Media cuartilla (1,5 kg)	Una cuartilla (2,9 kg)	Media arroba (5,75 kg)	Una arroba (11,5 kg)	No lo adquiero
Cebolla						
Papa						
Tomate						
Zanahoria						
Arveja						
Vainitas						
Haba						
Lechuga						
Brócoli						
Pepino						
Perejil						
Apio						
Locoto						

15. Seleccione las frutas que prioriza en su compra.

	Menos de 1 kg	De 1 a 2 kg	De 2 a 3 kg	Más de 3 kg	No lo adquiero
Palta					
Plátano					
Mandarina					
Naranja					
Piña					
Sandía					
Manzana					
Frambuesa					
Frutilla					

16. ¿Con qué frecuencia realiza compras de frutas y verduras?

- a) Diariamente
- b) Una vez a la semana
- c) Más de una vez a la semana
- d) Una vez al mes
- e) Dos veces al mes
- f) Tres veces al mes

17. ¿Cuál es la distancia que está dispuesto a recorrer para realizar la compra de frutas y verduras?
- a) 200 metros desde su hogar
 - b) 500 metros desde su hogar
 - c) 1 km desde su hogar
 - d) 2 km desde su hogar
 - e) 3 km o más desde su hogar
18. ¿Cuánto tiempo está dispuesto a utilizar para realizar la compra de frutas y verduras?
- a) 10-15 min
 - b) 15-20 min
 - c) 20-30 min
 - d) Más de 30 min
 - e) Una hora o más
19. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un servicio de *delivery* para sus compras de frutas y verduras?
- a) 10 Bs
 - b) 15 Bs
 - c) 20 Bs
 - d) 25 Bs
 - e) Más de 25 Bs
 - f) Prefiero no usar *delivery*
20. ¿Cómo se informa acerca de los productos que adquiere?
- a) Medios de comunicación (radio, televisión)
 - b) Plataformas de internet
 - c) Médicos especializados en nutrición
21. ¿Cuánto conocimiento tiene acerca de la variedad de frutas y verduras en el mercado?
- a) Nada de conocimiento
 - b) Muy poco conocimiento
 - c) Algo de conocimiento
 - d) Conocimiento moderado
 - e) Bastante conocimiento
 - f) Amplio conocimiento
 - g) Experto/a en variedad de frutas y verduras

INICIATIVAS PARA LA MEJORA EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE FRUTAS Y VERDURAS EN COCHABAMBA

22. ¿Estaría interesado en apoyar a iniciativas que ayuden a mejorar la eficiencia y calidad de la cadena de suministro de frutas y verduras en la ciudad de Cochabamba?
- a) Sí
 - b) No

CANAL MIXTO DE DISTRIBUCIÓN DE FRUTAS Y VERDURAS

23. ¿Estaría dispuesto a realizar su compra de frutas y verduras por internet y después recogerla en un punto de distribución?
- a) Sí
 - b) No
24. Las actividades que se realizan en el mercado de frutas y verduras en Cochabamba son relevantes porque tienen una gran importancia para la salud de las personas y su nutrición. Las frutas y verduras son esenciales en una dieta equilibrada y proporcionan una gran cantidad de nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del cuerpo humano. Considerando las compras por internet y el recojo de las frutas y verduras en un punto de distribución, ¿en qué horarios le sería posible recoger las frutas y verduras solicitadas *online*?
- a) De 6:30 a 7:30 a. m.
 - b) De 8:00 a 8:30 a. m.
 - c) De 9:00 a 9:30 a. m.
 - d) De 10:00 a 10:30 a. m.
 - e) De 11:00 a 11:30 a. m.
 - f) De 12:00 a 12:30 p. m.
 - g) De 13:00 a 13:30 p. m.
 - h) De 14:00 a 14:30 p. m.
 - i) De 15:00 a 15:30 p. m.
 - j) De 16:00 a 16:30 p. m.
 - k) De 17:30 a 19:30 p. m.

25. Considerando la compra de frutas y verduras *online* y recojo en un punto de distribución, ¿qué barreras o preocupaciones tendría al comprar este tipo de frutas y verduras en comparación con las frutas y verduras convencionales?
- a) Incertidumbre sobre la calidad y frescura
 - b) Dudas sobre el sabor y la textura
 - c) Preocupación por la duración de la vida útil del producto
 - d) Distancia del punto de distribución
26. ¿Cuál es la razón principal por la que elige otro canal por encima de un punto de distribución? (Puede seleccionar más de una opción).
- a) Los precios son más accesibles
 - b) La distancia es más corta
 - c) No le gusta el ambiente en los supermercados
 - d) Existe más variedad de frutas y verduras
 - e) Quiere apoyar a los productores locales y a la economía local
 - f) Quiere tener una experiencia de compra más personal y comunitaria

Anexo 3

Preguntas guía para entrevista a productores frutas y verduras

1. ¿Cuál es su nombre?
2. ¿Pertenece a alguna organización de productores? ¿Cuál? (Si responde sí, que diga qué beneficios le trae estar en esta asociación)
3. ¿Cuál es la extensión de frutas y/o verduras que cultiva?
4. ¿Cuáles son las frutas y verduras que cultiva y la cantidad en kilogramos o toneladas?
5. ¿Cuáles son los recursos que utiliza y cuál es el más costoso? (Servicios básicos, mano de obra, materiales).
6. ¿Cuáles son los métodos que utiliza para cultivar los productos? (Hidroponía, agricultura convencional...).
7. En promedio, ¿cuánto invierte para la producción agrícola?
8. En promedio ¿cuál es su ingreso mensual por la producción agrícola? ¿Este ingreso es solo para su familia o debe pagar a ayudantes?
9. ¿Cuál de las siguientes opciones puede pagar cómodamente en función de sus ingresos sin comprometer el tiempo de descanso y vacaciones semanales?
10. ¿Su ingreso es suficiente para satisfacer sus gastos?
11. ¿Cómo comercializa sus productos con intermediarios, qué políticas usa, como punto de entrega, precios (quién establece los precios), cantidad todo lo que habla con el intermediario?
12. ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor sus pérdidas antes y después de la cosecha durante el último año de producción? (Es decir, la cantidad de cultivo perdido durante producción, almacenamiento y transporte).
13. ¿Tiene producción que no puede comercializar? (%)
14. En caso de ser afirmativa la respuesta a la anterior pregunta, ¿qué acciones toma para esta producción que no vende?
15. ¿Cuál es su opinión sobre las frutas y verduras rechazadas por el mercado debido a su aspecto estético?
16. ¿Cuáles son las razones principales por las que las frutas y verduras son rechazadas por su apariencia?
17. En caso de que tenga frutas con algún desperfecto visual o estético, ¿los intermediarios las compran? ¿Y a qué condiciones?
18. En caso de que la respuesta a la pregunta anterior sea negativa, es decir, los intermediarios no compran, ¿qué hace con estas frutas o verduras?
19. ¿Existen diferencias en el tratamiento de las frutas y verduras rechazadas en comparación con las que son aceptadas por el mercado?

20. ¿Ha notado algún cambio en la demanda de frutas y verduras rechazadas en los últimos años?
21. ¿Se están implementando estrategias o iniciativas para reducir el desperdicio de frutas y verduras debido a su aspecto estético?
22. ¿Qué sugeriría para mejorar la comercialización de frutas y verduras rechazadas?
23. ¿Cuál ha sido su experiencia en términos de rentabilidad al vender frutas y verduras rechazadas en comparación con las que cumplen con los estándares estéticos del mercado?
24. ¿Le interesa comercializar sus productos en una plataforma virtual y posteriormente entregarlos en un punto de distribución? En caso la respuesta sea afirmativa, ¿cómo le gustaría que sea la entrega del producto?, ¿qué le gustaría saber antes de mandar su producto?
25. ¿Cuántos clientes tiene para sus cultivos/productos principales?
 - a) Generalmente tengo múltiples compradores o lugares donde vendo mis productos
 - b) Generalmente tengo uno o dos compradores o lugares donde vendo mis cultivos/productos
 - c) No tengo un cliente regular o lugar donde vender mis productos
26. ¿Cómo es su relación con sus clientes más importantes?
27. ¿Siente que tiene opciones de dónde vender sus productos?
28. ¿Entiende cómo los compradores calculan y establecen los precios que le pagan?
29. ¿Cuál es el principal tipo de fertilizante que usa?
30. ¿Cuál de los siguientes métodos es usado para mejorar la fertilidad del suelo?