

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE UNA BASE DE DATOS DE LA
CADENA DE SUMINISTRO AGROALIMENTARIA DE EMPRESAS
DEDICADAS AL CULTIVO DE MAÍZ EN PICHINCHA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO/A EN
INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN**

YESENIA FERNANDA CAZ CAZ

yesenia.cazcaz@epn.edu.ec

DIRECTOR: Israel David Herrera Granda

Israel.herrera@epn.edu.ec

DMQ, marzo 2024

CERTIFICACIONES

Yo, YESENIA FERNANDA CAZ CAZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Yesenia Fernanda Caz Caz

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por YESENIA CAZ, bajo mi supervisión.

Israel David Herrera Granda
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

YESENIA FERNANDA CAZ CAZ

ISRAEL DAVID HERRERA GRANDA

DEDICATORIA

A mis queridos padres Luis y Guadalupe quienes me han apoyado siempre.

A mi abuela Estefa, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos quienes nunca me dejaron caer.

A mis perritos Gitano, Candy y Lala quienes han sido guardianes de mis desvelos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir un día más para cumplir cada sueño.

Agradezco a la vida por haberme puesto en mi camino a docentes como la PhD Ximena Rojas y a mi tutor el Msc. Israel Herrera, ya que gracias a su paciencia y su determinación a la hora de explicarme las cosas pude culminar con este trabajo.

Agradezco a mis amigas Lore y Nico por haber sido mis compañeras a lo largo de la carrera. Gracias por hacer de esta experiencia universitaria una de las mejores de mi vida.

Agradezco a Giuli por haberme acompañado a hacer las entrevistas.

Agradezco a los productores y a las personas pertenecientes al grupo minorista, que me permitieron realizar la encuesta y conocer un poco más de su realidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
Producción agroalimentaria.....	3
Cultivos en Pichincha	3
Cultivo de maíz.....	4
Cadena de suministro	7
Cadena de suministro agroalimentaria.....	9
Cadena de suministro agroalimentaria sostenible.....	10
Factores que afectan la demanda	12
Análisis de componentes principales (PCA).....	12
Población y muestra del objeto de estudio.....	18
2 METODOLOGÍA.....	20
2.1 Diseño metodológico	20
Enfoque de investigación	20
Tipo de trabajo	20
Técnica de recolección de información	20
Técnica de análisis de información	20
2.2 Esquema metodológico	21
2.3 Selección de la muestra	21
2.4 Recolección de la información de la ASC del cultivo de maíz en Pichincha	
22	
Seguimiento de la ASC en Pichincha.....	22
Análisis bibliométrico.....	22

Consolidación del cuestionario	23
2.5 Programación del código para el PCA.....	24
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
3.1 Resultados.....	26
Selección de la muestra	26
Recolección de información de la ASC del cultivo de maíz en Pichincha	26
Análisis bibliométrico	27
Aplicación del cuestionario	30
Análisis PCA.....	43
3.2 Conclusiones	58
3.3 Recomendaciones	59
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
5 ANEXOS.....	64
5.1 Anexo I. Cuestionario aplicado	64
5.2 Anexo II. Fotografías cultivo de maíz.....	65

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar las variables de afectan a la demanda en la Cadena de Suministro Agroalimentaria (ASC) bajo un enfoque en sostenibilidad de microempresas dedicadas al cultivo de maíz en Pichincha, Ecuador. Para lo cual se utilizó la herramienta de Análisis de Componentes Principales (PCA). Para ello primero se realizó un acercamiento con las microempresas para construir la ASC que las caracteriza, de forma que se compone de criaderos de semilla, productores/ microempresas, minoristas y consumidores finales. Luego, se hace el análisis bibliométrico sobre el tema para determinar las variables que se utilizarán en el PCA, que fueron cantidad de semillas nativas o transgénicas, producción total, emisiones CO₂, pérdidas cultivo, precio minorista, demanda minorista, pérdidas minoristas, precio del producto sustituto y precio al consumidor. De la aplicación del PCA de forma general se obtuvo que los componentes principales uno y dos capturan el 63,6% del total de la varianza de los datos, de manera más específica las variables precio minorista, precio al consumidor y pérdidas minoristas son las que contribuyen en mayor porcentaje de varianza al componente uno y semilla transgénica, semilla nativa y precio al producto sustituto, al componente dos. Por lo que, contribuyen a la variabilidad de los datos, permitiendo que a partir de ellos se pueda hacer una descripción de los patrones o tendencias presentes en los datos originales de la demanda.

PALABRAS CLAVE: ASC, demanda, PCA, variabilidad, microempresas, sostenibilidad.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the variables affecting demand in the Agrifood Supply Chain (ASC) under a focus on sustainability in microenterprises dedicated to corn cultivation in Pichincha, Ecuador. For this purpose, the Principal Component Analysis (PCA) tool was used. First, an approach was made with the microenterprises to build the CSA that characterizes them, so that it is composed of seed nurseries, producers/microenterprises, retailers, and final consumers. Next, a bibliometric analysis on the subject was carried out to determine the variables to be used in the PCA, which were the quantity of native or transgenic seeds, total production, CO₂ emissions, crop losses, retail price, retail demand, retail losses, price of the substitute product and consumer price. From the application of the PCA it was obtained that the principal components one and two capture 63.6% of the total variance of the data; more specifically, the variables retail price, consumer price and retail losses are those that contribute the highest percentage of variance to component one, and transgenic seed, native seed, and price of the substitute product to component two. Therefore, they contribute to the variability of the data, allowing a description of the patterns or trends present in the data to be made on the basis of them.

KEYWORDS: CSA, demand, PCA, variability, microenterprises, microenterprises, sustainability.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Uno de los desafíos más significativos en los próximos años será abordar las implicaciones del aumento de la nación, en singular, se estima que Ecuador crecerá al ritmo del 1,5 % al año; según el INEC (2017), la población total del país alcanzará los 20 millones en el 2030, por lo que, uno de los retos más significativos podrá alimentarla. Los patrones de consumo actuales muestran una tendencia creciente de la demanda por productos alimenticios que sean frescos, inocuos, producidos localmente y obtenidos de forma sostenible. (Zepeda & Leviten-Reid, 2004).

De forma que, el aumento de la población junto con las diversas exigencias de los consumidores representa para el Ecuador la oportunidad de producir productos alineados a las nuevas tendencias y hábitos de consumo (Ecuador Agroalimentario, 2021). La ausencia de acceso a una base de datos completa y estructurada que contenga información clave sobre cada eslabón de la Cadena de Suministro Agroalimentaria (SCA) de cada empresa representa un desafío importante. Algunos desafíos claves de no poseer un repositorio de información de la SCA pueden ser: primero, la falta de visibilidad, dado que la ausencia de datos estructurados dificulta la identificación de tendencias y patrones en la demanda sostenible, lo que impide una toma de decisiones informada (Perçin, 2023). Segundo, riesgo de oportunidades perdidas, la falta de información puede llevar a pasar por alto oportunidades de mejorar la sostenibilidad y el beneficio en la SC (Lu et al., 2022). Tercero, escasa capacidad de adaptación, sin un análisis preciso de las variables de demanda sostenible, las empresas pueden tener dificultades para adaptarse a cambios en las preferencias del consumidor o en las regulaciones (Pilipenko et al., 2023). Cuarto, desconexión entre actores, tanto en Latinoamérica como en Ecuador, uno de los principales problemas en las CSA es la falta de coordinación entre los actores (BMZ, 2023).

Para afrontar el problema, se propone levantar una base de datos de cada eslabón de la SCA de empresas agrícolas dedicadas al cultivo de maíz en Pichincha y análisis de componentes principales (PCA) con diversas variables obtenidas mediante una investigación previa con un enfoque en sostenibilidad. El objetivo es identificar y comprender las relaciones entre las variables para determinar cuáles influyen en la demanda sostenible. Con este enfoque, se busca que las empresas y los actores involucrados tengan acceso a datos exactos y relevantes a lo largo de la CS puedan tomar decisiones estratégicas informadas y promover prácticas más sostenibles en la industria agroalimentaria local. El estudio contribuirá a mejorar los procedimientos en la producción, distribución y guarda de alimentos, lo que podría resultar en una disminución de gastos, un

incremento en la eficacia energética y una reducción del desperdicio alimentario. Los datos de las SCA son fundamentales para evaluar y mejorar la perdurabilidad de los procesos de elaboración y abastecimiento de productos (Ruan, 2020).

1.1 Objetivo general

Levantar y analizar una base de datos representativa de la cadena de suministro agroalimentaria de Pichincha.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar un tamaño de muestra significativo de empresas agroalimentarias dedicadas al cultivo de maíz en Pichincha.
2. Recopilar información de la cadena de suministro agroalimentaria de empresas dedicadas al cultivo de maíz en Pichincha.
3. Determinar las variables que influyen mayormente en la demanda bajo un enfoque de sostenibilidad con la herramienta de Análisis de Componentes Principales (PCA).

1.3 Alcance

El proyecto de investigación es correlacional-exploratorio, debido a que se realizará una recopilación de información sobre la cadena de suministro agroalimentaria, la cual estará vinculada a la demanda bajo un enfoque en sostenibilidad, lo que permitirá obtener las variables principales en la demanda sostenible mediante la técnica PCA: *Principal Component Analysis*.

Además, es importante resaltar el alcance geográfico que hace alusión al área que abarca la investigación, se establecieron límites en cuanto a la obtención de la información y análisis. El proyecto se limita a la provincia de Pichincha, tomando en cuenta para la recolección de datos a microempresas/ productores cuya actividad económica sea la agricultura, en especial el cultivo de maíz.

1.4 Marco teórico

Producción agroalimentaria

En los próximos años, uno de los desafíos de mayor relevancia a escala global será abordar las repercusiones del aumento de la sociedad. En específico se proyecta que Ecuador experimentará un aumento anual del 1,5%, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2017). Se estima que la población total del país alcanzará los 20 millones para el año 2030. Por lo tanto, uno de los retos más significativos será garantizar la seguridad alimentaria a fin de satisfacer los requerimientos de la población.

Por tanto, es crucial que Ecuador consiga coordinar las acciones de los participantes del sector agroalimentario nacional y enfrentar los desafíos de la cadena agroalimentaria, distinguidos por estar fragmentada en eslabones, sin una agenda común y de políticas públicas unificadas y dirigidas al consumidor.

El sector agroalimentario representa una importante contribución socioeconómica en términos de empleo, producción y exportaciones. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del 2017, el 41% de la población económicamente activa (PEA) del país está vinculada a las cadenas agroalimentarias. Sin embargo, solo el 33 % de este empleo se considera formal, debido a la presencia significativa de empleo informal, especialmente en áreas rurales (INEC, 2017).

Actualmente, hay falta de coordinación entre la disponibilidad de bienes del sector agropecuario y los requerimientos del mercado, lo que provoca pérdidas económicas, especialmente en el sector primario. Este sector enfrenta dificultades para comercializar su producción directamente al consumidor final debido a la falta de comprensión sobre las necesidades y preferencias de este último.

Cultivos en Pichincha

La extensión territorial de la provincia de Pichincha es de 9,536 km², distribuida en un 84% en zonas rurales, que comprenden 25 parroquias, y un 16% en áreas urbanas, que incluyen 6 parroquias (INEN, 2018). Su altitud promedio es de 2,908 m.s.n.m, con su punto más elevado en el Cayambe, con una altitud de 5,790 m. Los principales ríos que atraviesan la provincia son el Guayllabamba, el Blanco, el Pita, el Pisque y el San Pedro, todos pertenecientes a la cuenca del Pacífico (Municipio DMQ, 2021).

En el entorno rural de Pichincha, la diversidad ecosistémica de la región favorece la producción agrícola de una amplia variedad de cultivos destinados al consumo nacional.

Según el Consejo Nacional de Gobiernos Parroquiales Rurales de Pichincha (2024), en las zonas de mayor altitud de la provincia se destacan cultivos como trigo, cebada, maíz, papas, avena, tomates y cebollas. En la región del noroeste, se cultivan productos como plátanos, caña de azúcar, palma africana, café, cacao y palmito, enriqueciendo significativamente la oferta agrícola de la zona.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), la superficie de los cultivos predominantes en el territorio de Pichincha se distribuye como se indica en la Tabla 1.1

Tabla 1.1. Superficie de cultivo en Pichincha

Cultivo	Área (ha)	%
Palma aceitera	23,600	49.40%
Maíz	11,016	23.06%
Cacao	8,943	18.72%
Papa	2,068	4.33%
Cebada	1,320	2.76%
Café	274	0.57%
Plátano	224	0.47%
Yuca	163	0.34%
Banano	121	0.25%
Tomate de árbol	43	0.09%
Cebolla colorada	3	0.01%
Total	47,777	100.00%

Fuente: MAGAP (2024)

Además, el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) enfrenta una situación de alta vulnerabilidad alimentaria debido a que solo puede satisfacer el 5% de la demanda de productos alimenticios necesarios para su subsistencia, mientras que Pichincha abastece el 14% (Municipio DMQ, 2021). El porcentaje restante proviene de otras provincias como Santo Domingo y Manabí. Resulta imperativo administrar de forma sostenible los insumos en las etapas de elaboración y conversión de productos alimenticios., con el fin de evitar problemas como la degradación de tierras fértiles por sobreexplotación o subexplotación, el uso inadecuado de agroquímicos, entre otros desafíos.

Cultivo de maíz

En la región de la Sierra en Ecuador, el cultivo de maíz es prominente debido a la extensión considerable de terreno destinado a este fin y su papel fundamental en la dieta de la población del país. La elección de las variedades de maíz cultivadas está influenciada por las preferencias y las tradiciones de los agricultores. En la Sierra norte, que abarca las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha, se prefieren principalmente maíces con granos amarillos y textura harinosa (Zambrano et al., 2021).

Los terrenos de cultivo se localizan en elevaciones que varían entre los 2200 y los 3000 m.s.n.m, presentando pendientes de moderadas a pronunciadas, con suelos franco-arcillosos, poco profundos o moderadamente profundos. Las temperaturas medias fluctúan entre los 12 y los 25 °C, y las precipitaciones anuales varían entre 500 y 1200 mm, dependiendo de la ubicación geográfica (Zambrano et al., 2021). La mayoría de las zonas de producción están expuestas a condiciones climáticas adversas, como heladas, vientos intensos y períodos de sequía.

Entre las variedades más destacadas de maíz nativo cultivadas en la región de la Sierra en Ecuador se incluyen el chazo, blanco de leche, cuzco ecuatoriano, canguil ecuatoriano, chulpi, entre otras. Numerosos de estos cultivares se siguen cultivando en diversas provincias de la Sierra.





El maíz suave es un cultivo andino de gran relevancia para la soberanía alimentaria del país. Su diversidad de uso se basa en el estado fenológico del cultivo, ya que puede ser cosechado en estado "choclo" o "seco". La superficie total cosechada es de unas 69,161 hectáreas, siendo el 79% en estado seco (Zambrano et al., 2021). La producción nacional alcanzó las 230,072 toneladas, generando empleo para más de 159 mil personas, el 94% de las cuales corresponde a mano de obra familiar (INEC, 2017). La contribución del maíz suave a la economía y seguridad alimentaria del país es significativa, evidenciando su importancia como uno de los principales cultivos agrícolas de la región andina.


Entre las variedades mejoradas están: INIAP-122 "Chaucho mejorado", INIAP-124 "Mishca mejorado", INIAP-102 "Blanco blandito mejorado", INIAP-111 "Guagal mejorado", INIAP-153 "Zhima mejorado", INIAP-180, INIAP-182 e INIAP-103 "Mishqui sara" (Zambrano et al., 2021). Se describen a continuación las propiedades sobresalientes de los cultivares perfeccionados actuales.

En Pichincha, las semillas mejoradas que se utilizan se presentan en la Tabla 1.2

Tabla 1.2. Semillas mejoradas

Variedad mejorada	Características	Gráfico
-------------------	-----------------	---------

<p>INIAP-101</p>	<p>Tipo: precoz, Cacahuazintle Rendimiento: De 2 485 a 4 528 kg/ha en seco Altitud: de 2 400 a 3 000 m s.n.m. Usos: choclo o seco para mote</p>	
<p>INIAP-122</p>	<p>Tipo: precoz, Chaucho Rendimiento: 3 000 a 3 864 kg/ha en seco. En choclo, 190 sacos/ha Altitud: de 2 200 a 2 800 m s.n.m. Usos: en choclo, tostado, harina, mote y humitas</p>	
<p>INIAP-124</p>	<p>Tipo: semi-tardío, Mishca Rendimiento: 2 200 a 4 200 kg/ha en seco. En choclo, 200 sacos/ha Altitud: De 2 500 a 2 800 m s.n.m. Usos: en choclo, tostado, harina, mote y humitas</p>	
<p>INIAP-180</p>	<p>Tipo: semi-tardío, morochillo, forrajero. Rendimiento: En grano de 3 182 a 5 500 kg/ha. Altitud: de 2 250 a 3 000 m s.n.m. Usos: alimentación animal como grano, forraje y para la elaboración de balanceados.</p>	

<p>INIAP-199</p>	<p>Tipo: semi-tardío, negro, racimo de uva. Rendimiento: 2000 a 4000 kg/ha. Altitud: de 2400 a 3000 m.s.n.m. Usos: como grano para la elaboración de harinas y bebidas.</p>	
------------------	--	---

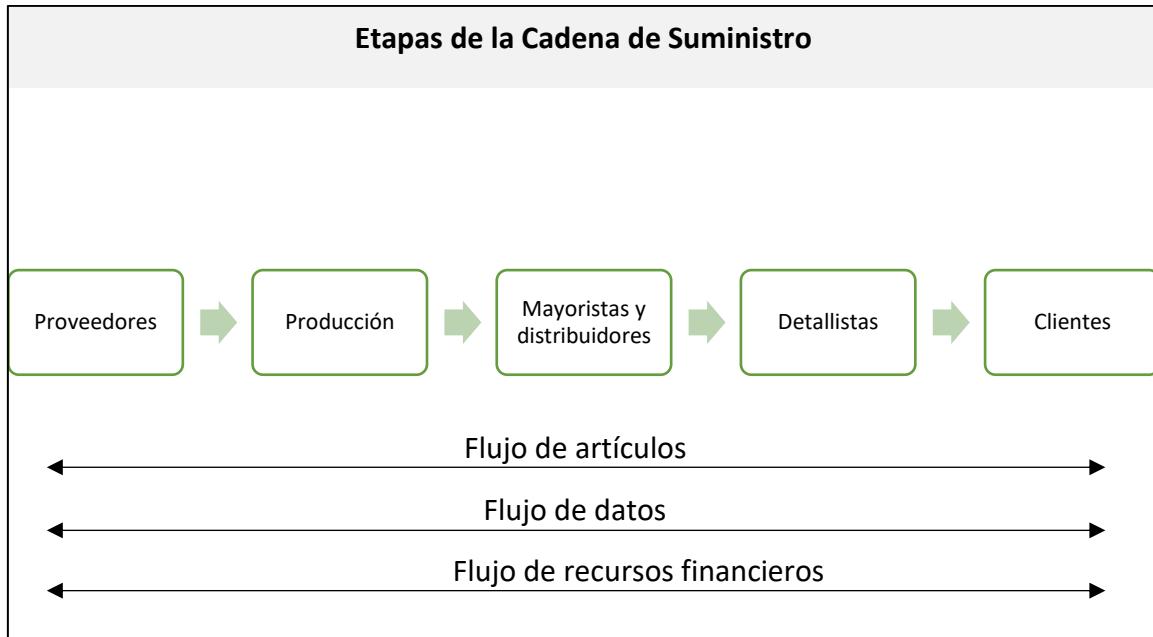
Fuente: Zambrano (2021)

Cadena de suministro

La cadena de suministro (SC) involucra todas las organizaciones, de manera directa o indirectamente vinculadas, que contribuyen a la satisfacción de las demandas de un cliente. Esta red no solo abarca al fabricante y sus proveedores, sino también a los transportistas, almacenes, minoristas y, en algunos casos, incluso a los propios clientes (Chopra & Meindl, 2013).

Los participantes mencionados colaboran para supervisar, administrar y mejorar la circulación de recursos y datos desde los abastecedores hasta los consumidores finales. Según Chopra & Meindl (2013) la circulación de artículos, datos y recursos financieros interconecta cada etapa de la SC. Usualmente, estos intercambios se desplazan en diversas trayectorias y pueden ser gestionados por una fase específica o por un agente intermediario, como se puede observar en la Figura 1.1

Figura 1.1. Etapas de la cadena de suministro



Fuente: Chopra & Meindl (2013)

Las principales características de una SC son cuatro (Lambert & Cooper, 2000):

- Los componentes primarios, productos y derivados atraviesan diversas fases, ya sea dentro de una entidad empresarial única o entre distintas entidades.
- Implica la participación de múltiples entidades empresariales independientes, lo que subraya la importancia de la gestión efectiva de las relaciones.
- Una SC implica un flujo bidireccional de bienes e información, en sus actividades operativas y de gestión.
- Los integrantes de la cadena buscan agregar valor al consumidor final mediante una utilización eficiente de los recursos disponibles.

Las decisiones relativas al diseño, planificación y ejecución de una SC son cruciales para definir el rendimiento de una empresa, ya que pueden influir significativamente en su éxito o fracaso.

Entonces, para mantener su competitividad en el mercado actual, las cadenas de suministro deben poseer agilidad y estar preparadas para adaptarse a los avances tecnológicos en evolución y las preferencias cambiantes de los clientes (Chopra & Meindl, 2013).

Esto implica la necesidad de una constante adaptación y mejora en cada área de la SC, desde el diseño inicial hasta la entrega final al consumidor.

Cadena de suministro agroalimentaria

La cadena de suministro agroalimentaria (ASC) es un conjunto de acciones que comprenden desde la agricultura (granja) hasta el cliente final, es decir, contiene acciones que se ejecutan en la agricultura, transformación o embalaje, almacenaje, transporte y venta (Iakovou et al., 2014). Como la SC, la ASC también tiene flujos a lo largo de su cadena, apoyados por los servicios de logística, finanzas y técnicos, de modo que las actividades, servicios y flujos se integran en grupos dinámicos de producción-suministro-consumo, de esta manera, se mejora la eficiencia, se asegura la trazabilidad y se minimizan los desperdicios (Van der Vorst, 2006).

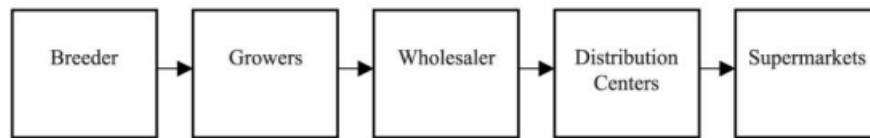
La colaboración entre diversas funciones no solo aumenta la visibilidad y estimula la innovación, sino que también refuerza la resiliencia. Esto resulta en una cadena de suministro ágil y sostenible que beneficia tanto a productores como a consumidores.

Según Van der Vorst (2006) la ASC tienen características particulares que las distinguen de las SC tradicionales que son:

- Corta vida útil de los productos.
- Alto nivel de distinción del producto.
- Variabilidad estacional en las actividades de cosecha y manufactura.
- Cambios en la calidad y cantidad de los materiales agrícolas y los resultados del procesamiento.
- Necesidad de cumplir con normativas nacionales e internacionales, regulaciones y directrices relacionadas con la seguridad alimentaria, la salud pública y el medio ambiente.
- Requerimientos específicos de transporte, almacenamiento, calidad y reciclaje de materiales.
- Demanda de características especializadas, como capacidad de rastreo y visibilidad.
- Limitaciones considerables en la capacidad operativa.

De acuerdo con Aramyan (2007), la cadena de suministro agroalimentaria más completa abarca desde el criador de semillas hasta el consumidor final como se muestra en la Figura 1.2

Figura 1.2. Cadena de suministro agroalimentaria



Fuente: Aramyan (2007)

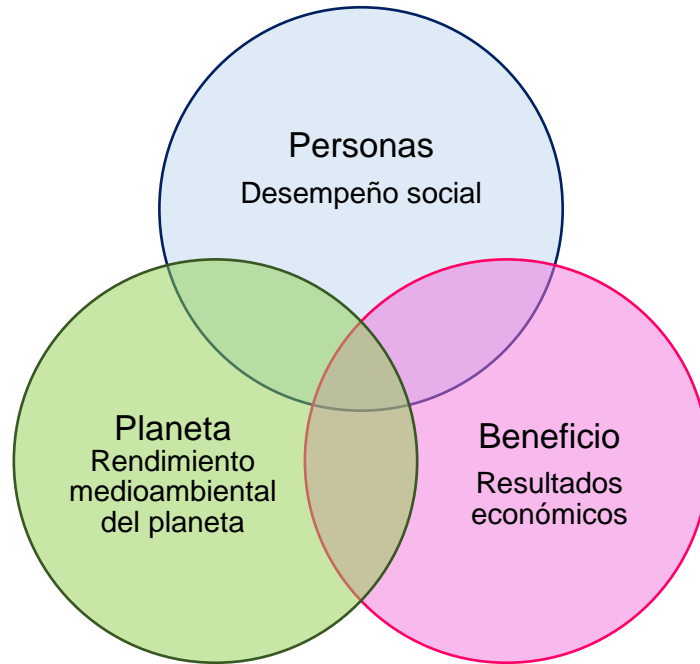
Donde,

- Breeder o criador de semillas: cría o produce semillas para la propagación de plantas.
- Growers o cultivadores o agricultores: incluye a aquellos individuos que se dedican a la siembra de cultivos para el consumo humano (Mendoza Ortega, 2019).
- Wholesaler o mayorista: persona o empresa que compra productos en grandes cantidades de los fabricantes y los vende a minoristas en volúmenes más pequeños; mayorista.
- Distribution centers o centros de distribución: instalaciones designadas para almacenar, gestionar y distribuir productos a lo largo de una cadena de suministro.
- Supermarkets o supermercados: establecimientos minoristas que ofrecen una variedad de productos alimenticios y no alimenticios para conveniencia del consumidor.

Cadena de suministro agroalimentaria sostenible

Para establecer cadenas de suministro agrícola sostenibles, es fundamental que todos los participantes a lo largo de la cadena operen de manera sostenible, considerando tres aspectos: el económico, el ambiental y el social (Frederick & Charbonneau, 2021). La relación se puede observar en la Figura 1.3

Figura 1.3. Triple bottom line



Fuente: Coşkun Aslan & Kısacık (2017)

De manera que las empresas y organizaciones comprometidas con la sostenibilidad aplican el concepto de *Triple Bottom Line* (TBL). En este enfoque, se evalúan los resultados en beneficios económicos, equidad social y justicia ambiental, para proteger el medio ambiente (Gamboa Aragundi et al., 2022). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

De acuerdo con el reporte del (Rainforest Alliance, 2023) y (Soler et al., 2018) definen las características para el TBL:

1. **Económico:** incorpora aspectos vinculados con la producción y generación de riqueza, por lo que busca asegurar materias primas gracias a métodos de cultivos sostenibles.
2. **Ambiental:** incluye áreas de conservación enfocadas en la biodiversidad y el entorno natural, de manera que busca la protección de los bosques, protección de la diversidad biológica, protección y rehabilitación de suelos, etc.
3. **Social:** aborda el cuidado de los recursos humanos y la seguridad comunitaria, en consecuencia, busca generar ingresos dignos, pagar salarios justos, respetar los derechos humanos, prevenir la explotación laboral infantil, etc.

Según Moguel Liévano (2020), el enfoque del Triple Bottom Line (TBL) implica que una empresa debe priorizar la responsabilidad hacia sus partes interesadas, en lugar de

centrarse exclusivamente en sus propietarios, como se menciona en su estudio. Para el proyecto se usa el enfoque TBL para la elección de los factores que afectan a la demanda.

Factores que afectan la demanda

La demanda se puede entender como la correlación entre la cantidad de un producto o servicios que las personas están dispuestas y son capaces de comprar. En este contexto, (Lazo & Rodríguez, 2008) definen que los elementos que influyen en la expansión o contracción de la curva de demanda incluyen los gustos y preferencias, el ingreso del consumidor, el costo del bien y el valor de los productos alternativos.

- **Precio:** la sensibilidad de la demanda ante cambios en el precio es un determinante crucial, cuando el precio de un producto se incrementa, la cantidad demandada tiene a disminuir, y viceversa.
- **Precio de bienes relacionados:** hace referencia a que, si los precios de un producto sustitutivo es mejor que la competencia, este influirá en la demanda de otro bien.
- **Preferencias del consumidor:** los gustos ya establecidos permiten que los consumidores adquieran cierta cantidad de un producto, lo que aumentaría o disminuiría la demanda,
- **Ingresos:** se trata de las utilidades o ganancias proyectadas que se esperan obtener mediante la venta de un producto o servicio en particular.
- **Costos de producción:** afecta factores clave como el precio, la oferta, la calidad y la competitividad en el mercado.

Los factores mencionados producen dos efectos en la función de demanda, el primero sobre cómo los precios afectan la cantidad dispuesta a comprar, es decir, si los precios bajan, por lo general, se compra más, lo mismo sucede en viceversa. El segundo efecto se produce cuando factores como variaciones en el ingreso, la población, así como los gustos y preferencias, provocan efectos negativos en la demanda y hace que el consumo disminuya, o viceversa. Por último, los costos de producción, que, si son muy altos, hacen subir los precios de los productos, lo que afecta a la decisión de compra del consumidor.

Análisis de componentes principales (PCA)

En la recopilación de datos, es común recoger una amplia gama de variables. Pero este enfoque puede dificultar la identificación de relaciones entre ellas por la gran cantidad de

información. Además, puede surgir un dilema sobre la reciprocidad entre los datos, lo que resulta en redundancia y escasez de información. Por lo tanto, es imprescindible disminuir la cantidad de variables para abordar este problema

Es relevante señalar que el concepto de "más información" está vinculado a una mayor variabilidad o varianza en los datos. Cuanta más variabilidad haya en los datos (mayor varianza), se dice que existe una mayor diversidad en ellos.

Componentes principales

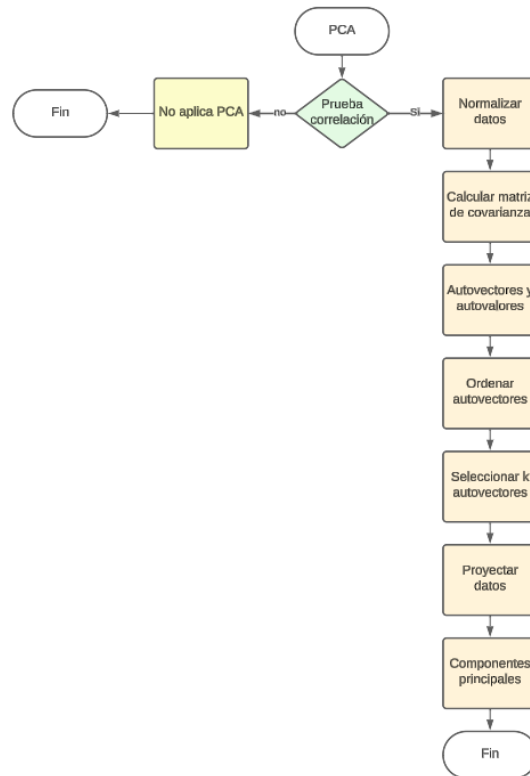
El método de análisis de componentes principales (PCA) se desarrolló para investigar las relaciones entre variables correlacionadas. Este método transforma el conjunto inicial de variables en uno nuevo, pero con variables sin correlación, conocido como grupo de componentes principales (PC). Estas últimas se construyen como combinaciones lineales de las originales, ordenadas según su importancia según la variabilidad total observada en la muestra.

El objetivo es elegir un número reducido de variables (p) que sean combinaciones lineales de las variables originales (m), para abarcar la mayor parte de la información o variabilidad presente en los datos (Kabacoff, 2013).

Es importante tener en cuenta que el PCA no es aplicable cuando se realiza sobre variables originales que no están correlacionadas.

A continuación, se presenta un diagrama en la Figura 1.4 para entender de forma sencilla el PCA.

Figura 1.4. Diagrama PCA



Fuente: creado por el autor

Prueba de correlación

Como se expuso anteriormente, el PCA carece de sentido cuando las variables originales están incorreladas, dado que el resultado nos muestra las mismas variables, pero organizadas en orden descendente según su varianza. Por lo que hay que verificar si hay una estructura significativa en los datos antes de realizar el PCA.

Se utiliza la prueba de esfericidad de Bartlett para evaluar si las variables están correlacionadas entre sí. La prueba compara la matriz de correlación observada con la matriz identidad (Guadarrama, 2020). Se establecen las siguientes hipótesis:

- H_0 : variables no correlacionadas $p\text{-value} > 0,05$
- H_a : variables correlacionadas $p\text{-value} < 0,05$

Si la prueba arroja un valor de p significativamente bajo, se rechaza H_0 y se sugiere que las variables están correlacionadas y que el PCA podría ser apropiado para disminuir la complejidad de los datos.

Cálculo de los componentes principales

Antes de empezar con la explicación del cálculo, es importante mencionar que el autovalor y el autovector son conceptos diferentes, ya que el primero hace referencia a la cantidad de varianza explicada por su respectivo autovector en el conjunto de datos. Por otro lado, el autovector es un vector propio que indica la dirección en la cual los datos tienen la mayor variabilidad.

Se consideran diversas variables (c_1, c_2, \dots, c_m) en un conjunto de observaciones, se busca calcular en base a ellas, un nuevo conjunto de variables (y_1, y_2, \dots, y_m) incorreladas entre sí, por lo que sus varianzas van decreciendo progresivamente (Rencher & William, 2012).

Como ya se mencionó anteriormente cada $y_j (i = 1, \dots, m)$ es combinación lineal de las variables (c_1, c_2, \dots, c_m) originales y se expresa de la siguiente manera:

$$y_j = a_{j1}c_1 + a_{j2}c_2 + \dots + a_{jm}c_m = a_j^\circ c$$

Donde $a_j^\circ = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj})$ un vector de constantes y $c = \begin{pmatrix} c_1 \\ \dots \\ c_m \end{pmatrix}$

Para la extracción de los factores se busca maximizar la varianza de las nuevas variables, lo cual se lo puedo realizar de una forma simple, donde se aumente los coeficientes a_{ij} . Por lo que, es importante que la ortogonalidad de la conversión se mantenga, en consecuencia, se impone que el módulo vector $a_j^\circ = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj})$ sea 1. Es decir, $a_j^\circ \cdot a_j = \sum_{k=1}^m a_{kj}^2 = 1$.

Se elige el primer componente a_1 de modo que y_1 contenga en lo posible la mayor varianza, restringida por la condición $a_j^\circ \cdot a_j = 1$. Para el segundo componente se calcula a_2 de manera que, y_2 no este correlacionada con y_1 . Este proceso se realiza para obtener las y_p variables, disminuyendo cada vez más la varianza.

Proceso de extracción de factores

Se elige a_1 que maximice el posible la varianza de y_1 , la cual se sujeta a la restricción $a_j^\circ \cdot a_j = 1$, es decir:

$$Var(y_1) = Var(a_1^\circ \cdot x) = a_1^\circ \cdot \sum a_1$$

Ahora, la función $a_1^\circ \cdot \sum a_1$ sujeta a la restricción $a_j^\circ \cdot a_j = 1$ debe ser maximizada, pero la incógnita es precisamente el vector a_1 , el cual proporciona la combinación lineal más adecuada. Para ello, se utiliza el método de los multiplicadores de Lagrange para maximizar una función de varias variables sujetas a restricciones.

Así, se construye la función $L: L(a_1) = a_1^\circ \cdot \Sigma a_1 - \lambda(a_1^\circ \cdot a_1 - 1)$

Para maximizar la función: $\frac{\partial L}{\partial a_1} = 2 \Sigma a_1 - 2\lambda a_1 = 0 \Rightarrow (\Sigma - \lambda) a_1 = 0$

Entonces, se debe de resolver el sistema lineal de ecuaciones, el cual para tener una solución diferente de 0 la matriz $(\Sigma - \lambda)$ tiene que ser singular, por lo que el determinante debe ser igual a cero:

$$|\Sigma - \lambda| = 0 \text{ de este modo, } \lambda \text{ es autovalor de } \Sigma$$

La matriz de covarianzas Σ es de orden p y si además es definida positiva, tendrá p autovalores distintos, $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p)$ tales que, por ejemplo $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_p$.

Desarrollando la expresión anterior, se tiene que:
$$\begin{cases} (\Sigma - \lambda) a_1 = 0 \\ \Sigma a_1 - \lambda a_1 = 0 \\ \Sigma a_1 = \lambda a_1 \end{cases}$$

Entonces,

$$Var(y_1) = Var(a_1^\circ \cdot x) = a_1^\circ \cdot \Sigma a_1 = a_1^\circ \lambda a_1 = \lambda a_1^\circ a_1 = \lambda 1 = \lambda$$

Ahora, para obtener la mayor varianza y_1 se tiene que tomar el autovalor de mayor magnitud, sea λ_1 , y el correspondiente autovector a_1 . Donde a_1 , en realidad es un vector que da la combinación de las variables originales que tienen mayor varianza, esto es, si $a_1^\circ = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1m})$, entonces

$$y_1 = a_1^\circ x = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m$$

El segundo componente principal $y_2 = a_2^\circ x$ se obtiene de manera similar al primer componente, salvo que en este caso se requiere que y_2 esté incorrelado con el y_1 , es decir $Cov(y_2, y_1) = 0$. Donde,

$$Cov(y_2, y_1) = Cov(a_1^\circ x, a_2^\circ x) = a_2^\circ \cdot E[(x - \mu)(x - \mu)^\circ] \cdot a_1 = a_2^\circ \Sigma a_1$$

Es decir, se requiere que $a_2^\circ \Sigma a_1 = 0$.

Como se tenía que $\Sigma a_1 = \lambda a_1$, se tiene la siguiente equivalencia $a_2^\circ \Sigma a_1 = a_2^\circ \lambda a_1 = \lambda a_2^\circ a_1 = 0$, por tanto, $a_2^\circ a_1 = 0$ son vectores ortogonales.

Ahora, de debe maximizar la varianza de y_2 , es decir, $(a_2^\circ \Sigma a_2)$, donde
$$\begin{cases} a_2^\circ a_2 = 1 \\ a_2^\circ a_1 = 0 \end{cases}$$

Se toma la función: $L(a_2) = a_2^\circ \cdot \Sigma a_2 - \lambda(a_2^\circ a_2 - 1) - \delta a_2^\circ a_1$

Con lo cual, $\frac{\partial L(a_2)}{\partial a_2} = 2 \sum a_2 - 2\lambda a_2 - \delta a_1 = 2 \sum a_2 - 2\lambda a_2 = (\sum - \lambda) a_2 = 0$

De manera análoga al primer componente, se elige λ como el segundo mayor autovalor de la matriz \sum con su vector asociado a_2 , esto se realiza hasta el j-ésimo componente.

Cada componente puede representarse como el resultado de multiplicar un vector x que contiene las variables originales (x_1, x_2, \dots, x_m) por una matriz compuesta por los autovectores.

$$y = Ax$$

$$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_p \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & \dots & a_{pm} \end{pmatrix} \quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_p \end{pmatrix} \quad \text{siendo} \quad \begin{cases} \text{Var}(y_1) = \lambda_1 \\ \dots \\ \text{Var}(y_p) = \lambda_p \end{cases}$$

La matriz de covarianzas de y será: $\Delta = \begin{pmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \lambda_p \end{pmatrix}$ porque (y_1, y_2, \dots, y_m) se fue

construida por variables no correlacionadas.

Se tiene que, $\Delta = \text{Var}(y) = A' \text{Var}(c) A = A' \sum A$ o bien, $\sum = A \Delta A'$ ya que A es una matriz ortogonal por lo que $AA' = I$.

Porcentaje de variabilidad

Cada autovalor se asocia con la varianza del componente y_i , y se caracteriza mediante el autovector a_i , es decir, $\text{Var}(y_i) = \lambda_i$. Al sumar todos los autovectores, se tiene la varianza total de los componentes, es decir:

$$\sum_{i=1}^p \text{Var}(y_i) = \sum_{i=1}^p \lambda_i = \text{traza}(\Delta) \text{ puesto que } \Delta = \text{matriz diagonal}$$

Por las propiedades del operador traza,

$$\text{traza}(\Delta) = \text{traza}(A' \sum A) = \text{traza}(\sum A' A) = \text{traza}(\sum)$$

Pues, A es ortogonal, por lo que $\text{traza}(\Delta) = \text{traza}(\sum) = \sum_{i=1}^p \text{Var}(x_i)$.

La suma de las varianzas de las variables originales es igual a la suma de las varianzas de las componentes, lo que facilita la comprensión del concepto de varianza total capturada por un componente principal.:

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \text{Var}(x_i)}$$

En un principio m variables, al tener menos componentes, no se suelen tomar más de tres principales.

Los componentes principales se pueden generar mediante dos métodos:

- **Método R:** emplea la matriz de correlación, se utiliza cuando las variables tienen unidades de medidas diferentes. (Restrepo et al., 2012).
- **Método Σ :** utiliza la matriz de varianzas y covarianzas, dado que las variables tienen unidades de medidas homogéneas. (Restrepo et al., 2012).

En nuestro caso, se utilizará el método R, dada la naturaleza de nuestras variables.

Cálculo de componentes principales a partir de la matriz de correlaciones

Se llevan a cabo cálculos matemáticos utilizando variables originales estandarizadas, las cuales tienen una media de 0 y una varianza 1. Este procedimiento es equivalente a calcular las PC de la matriz de correlaciones. En este contexto, las componentes principales se definen como vectores propios de la matriz de correlaciones. En una matriz de correlaciones, todos los elementos de la diagonal principal tienen un valor de 1. Cuando las variables han sido estandarizadas, esto implica que la matriz de covarianzas es idéntica a la matriz de correlaciones. Por lo tanto, la variabilidad total equivale al número total de variables en la muestra.

Población y muestra del objeto de estudio

Durante esta fase del estudio, el enfoque se centra en determinar las personas, organizaciones o situaciones relevantes, así como los atributos que deben poseer para ser considerados como sujetos de estudio.

Población

El conjunto de todos los elementos abordados en la investigación, también conocido como el conjunto de todas las unidades de muestra (Bernal Torres et al., 2006).

Por tanto, según estos investigadores, una definición precisa de población debe basarse en los términos siguientes: componentes, unidades de muestreo, alcance y período.

Muestra

Es la porción de la población que se elige para recolectar la información necesaria en el estudio y para llevar a cabo la medición y observación de las variables bajo análisis.

Tamaño de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra se basa en los principios estadísticos y requiere el conocimiento de diversas técnicas o enfoques de muestreo (Bernal Torres et al., 2006).

Métodos de muestreo proporcional

Es una técnica utilizada para seleccionar un conjunto representativo de individuos de una población, donde la probabilidad de selección de cada unidad está directamente relacionada con su tamaño o proporción en la población total. A continuación, se presenta la Ecuación 1.1

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2} P Q N}{E^2(N - 1) + Z^2 P Q}$$

Ecuación 1.1. Tamaño de la muestra

Donde,

n = cantidad de elementos seleccionados para formar la muestra.

$Z_{\alpha/2} = 1,96$

P = posibilidad de que el evento suceda 0,5 o 50%.

Q = posibilidad de que el evento no suceda: $1-P = 1-0,50= 0,50$ o 50%

$\varepsilon = 0,05$ o 5%

N = cantidad total de elementos en la población.

2 METODOLOGÍA

2.1 Diseño metodológico

Enfoque de investigación

El componente desarrollado adopta un enfoque mixto, ya que según (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2014) este enfoque es adecuado cuando se busca obtener una representación de la totalidad del fenómeno que está siendo investigado, al integrar de manera sistemática tanto el método cuantitativo y cualitativo.

La aplicación del enfoque mixto posibilitará la recopilación de datos cuantitativos de la Cadena de Suministro Agroalimentaria de productores dedicados al cultivo de maíz, los cuales serán necesarios para estructurar una base de datos, que será analizada mediante el PCA. Por otro lado, el enfoque cualitativo permitirá tener un análisis más detallado de los resultados alcanzados.

El análisis numérico de los datos se elabora en la sección del PCA y el análisis cualitativo se refleja en la comprensión de la problemática que atraviesa la SCA en Ecuador.

Tipo de trabajo

El proyecto de investigación es correlacional-exploratorio, ya que habrá una recopilación de información que ofrecerá valiosa información sobre la Cadena de Suministro Agroalimentaria de productores dedicados al cultivo de maíz, considerando que la información estará ligada a la demanda sostenible. Esto permitirá obtener las variables principales en la demanda sostenible mediante la técnica PCA: *Principal Component Analysis*.

Técnica de recolección de información

Se llevó a cabo la recopilación de datos a través de encuestas con preguntas abiertas y la conversación informal, la cual corresponde a información primaria, dado que proviene de la fuente original (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2014). El análisis de documentos y referencias bibliográficas se utilizó para encontrar los elementos que afectan la demanda de la ASC bajo un enfoque en sostenibilidad.

Técnica de análisis de información

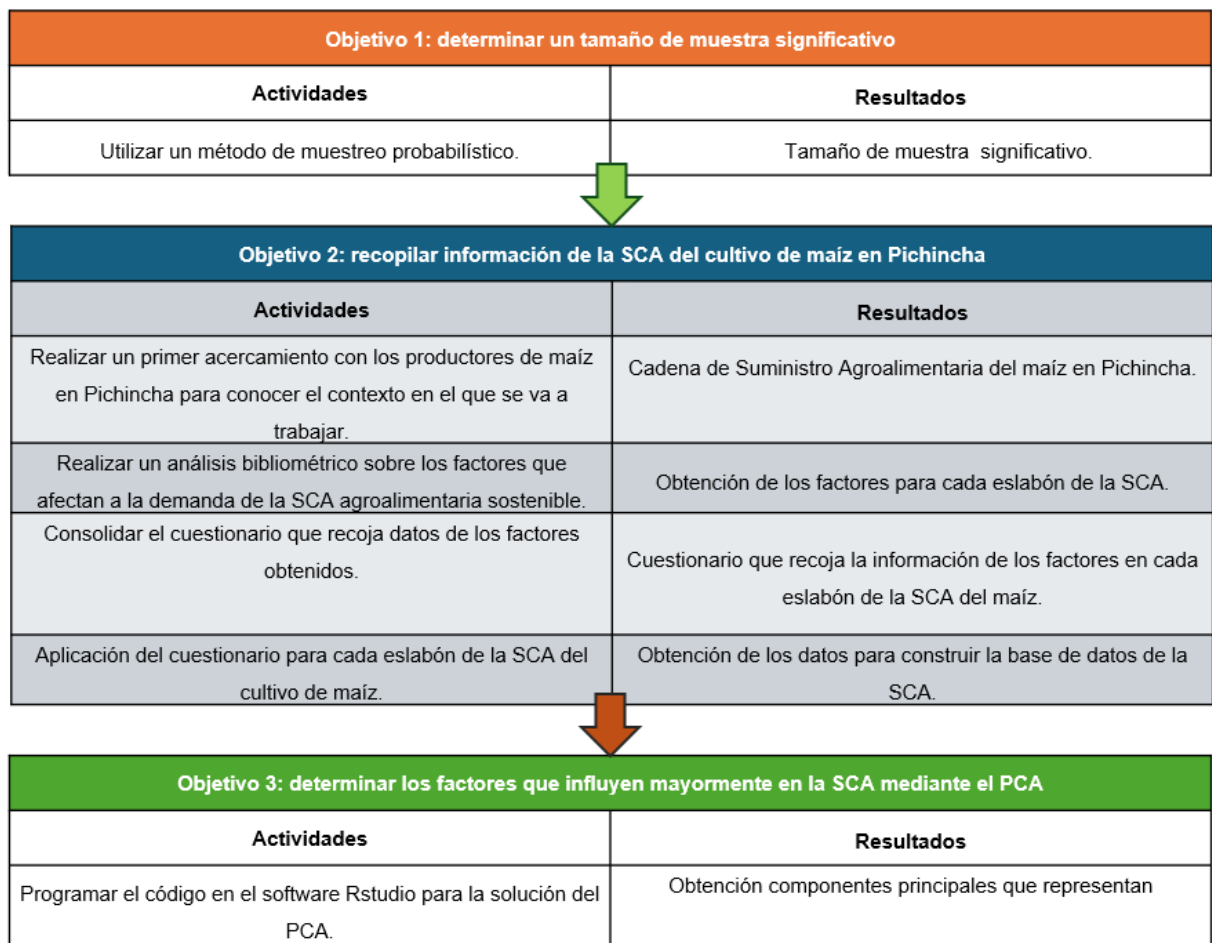
Para el procesamiento de la información recopilada se empleará la técnica estadística Análisis de Componentes principales (PCA) mediante el software Rstudio. Primero, se tabulan los datos de las encuestas en una hoja de cálculo Excel, así se podrán importar los

datos al software para realizar el código que permita obtener los resultados deseados e interpretarlos.

2.2 Esquema metodológico

Para la realización del trabajo se presenta la Figura 2.1 con el esquema metodológico que se realizará para satisfacer los objetivos propuestos.

Figura 2.1. Esquema metodológico de la investigación



Fuente: creado por el autor

2.3 Selección de la muestra

Dada la escasa limitación de la información referente a los productores/ microempresas objetivo, cuya búsqueda se llevó a cabo en la base de datos de la Superintendencia de Bancos mediante los siguientes filtros: provincia Pichincha, código A0111.12 que hace referencia a la actividad de cultivo de maíz y estado de la empresa “activa”, se obtuvo el número N de la población. Se tiene una población N muy pequeña de 14 microempresas.

2.4 Recolección de la información de la ASC del cultivo de maíz en Pichincha

Seguimiento de la ASC en Pichincha

Antes de realizar el análisis bibliométrico para la elaboración del instrumento de recopilación de la información, fue necesario entender cómo funciona la ASC del cultivo de maíz en Pichincha. Se parte mediante un primer acercamiento con los productores/microempresas de maíz en los diferentes cantones de la provincia de Pichincha. En este primer encuentro se realizó una conversación informal para el seguimiento de la ASC, dónde se pregunta sobre el destino del maíz post cosechado para la venta, las respuestas se centraron en dos opciones minorista y directamente con el consumidor final. De esa manera se pudo establecer la ASC del maíz en Pichincha.

Análisis bibliométrico

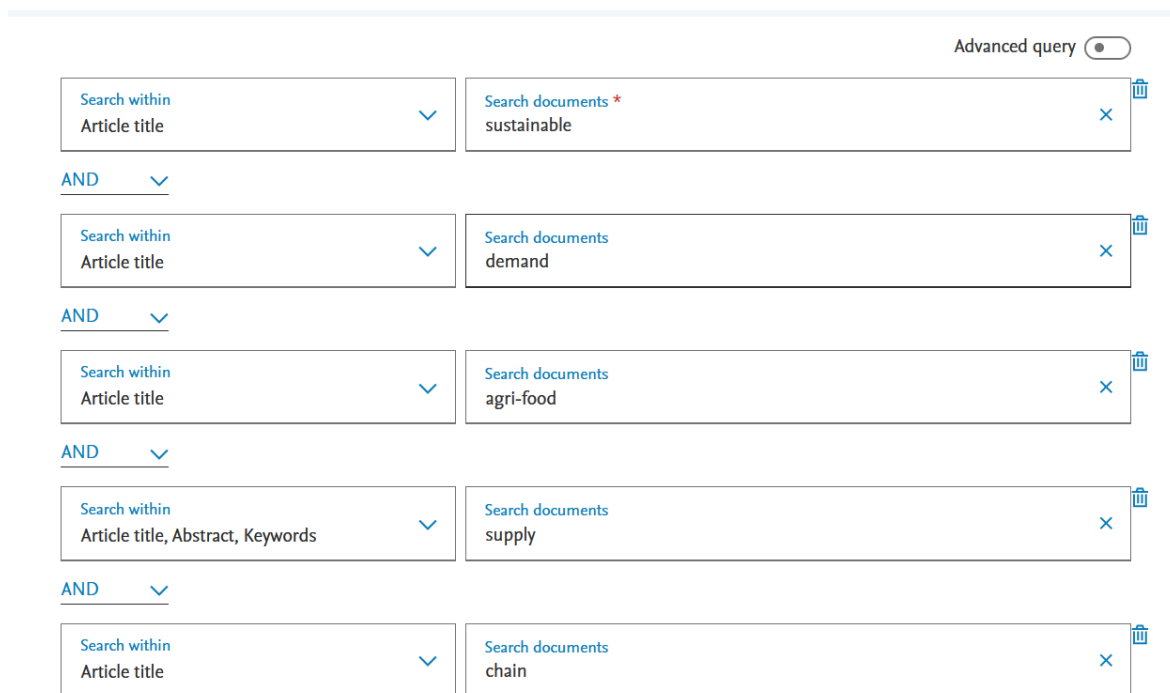
Para la creación del instrumento de recolección de datos, es esencial reconocer los factores que afectan a la demanda de la ASC bajo un enfoque en sostenibilidad. Para ello, se realizó un análisis bibliométrico entorno a la temática expresada anteriormente en los años 2015-2023.

El análisis bibliométrico permitió evaluar la producción científica mediante el estudio cuantitativo de la literatura académica referente a los temas de interés. Para ello se empleó bases de datos como *Scopus* y *Google Scholar*. *Scopus* es una base de datos dedicada a las ciencias sociales y exactas que incluye una amplia gama de información bibliográfica y de citas. Esta base de datos recopila datos de más de 70,000 revistas en todo el mundo (Scopus, 2022). Esta plataforma facilita búsquedas avanzadas mediante algoritmos y filtros que permiten refinar los resultados como se puede ver en la Figura 2.2. Con características como autores, palabras clave y lugar de publicación, los usuarios pueden identificar tendencias destacadas en un dominio particular de investigación, identificar publicaciones significativas y realizar un análisis bibliométrico.

Por otro lado, *Google Scholar* es un servicio en línea que permite buscar y acceder una diversidad de fuentes académicas, como artículos de revistas y otros recursos relevantes revisadas por pares, tesis, libros, conferencias y patentes. Este motor de búsqueda académico indexa contenido proveniente de diversas disciplinas y fuentes académicas, facilitando a los usuarios la localización de información científica relevante.

En la búsqueda realizada en Scopus se utilizó la siguiente cadena de búsqueda: (TITLE (sustainable) AND TITLE (demand) AND TITLE (agri-food) AND TITLE (supply) AND TITLE (chain)) AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2023.

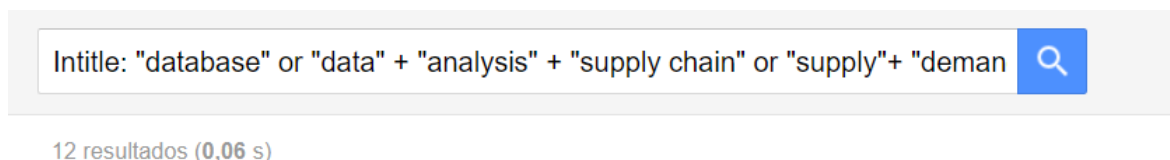
Figura 2.2. Cadena de búsqueda en scopus



Fuente: Scopus (2024)

Para complementar la búsqueda anterior, se realiza una en Google scholar mediante la siguiente cadena de búsqueda: Intitle: "database" or "data" + "analysis" + "supply chain" or "supply"+ "demand" + "agri food" or "food".

Figura 2.3. Cadena de búsqueda Google Scholar



Fuente: Google scholar (2024)

Consolidación del cuestionario

Para recoger datos necesarios para el análisis PCA se usa la herramienta cuestionario que, según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2014), consiste en interrogantes de una o más variables que evaluarán y que deben coincidir con el planteamiento del problema.

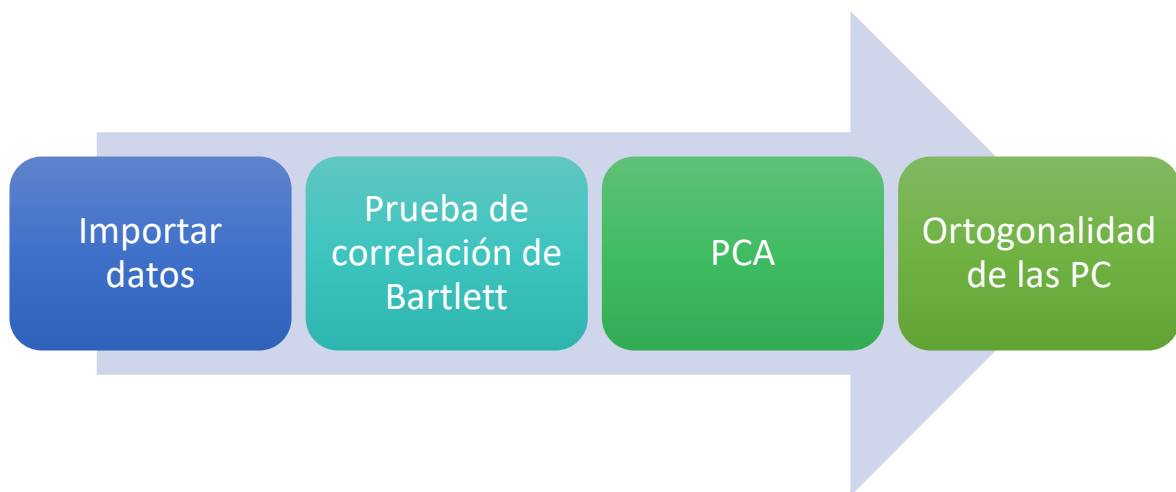
El diseño de la encuesta que se realizó se adjunta en el Anexo 1. El cuestionario está dividido en 4 secciones que pertenecen a los cuatro eslabones de la ASC. Cabe destacar que todas las preguntas se elaboraron para obtener datos cuantitativos continuos referentes a los factores obtenidos en el análisis bibliométrico para que se pueda realizar el PCA, por ende, las preguntas son abiertas, pero para evitar confusiones se especifica explícitamente el dato, unidad de medición y la temporalidad.

2.5 Programación del código para el PCA

Con los datos obtenidos en el apartado anterior se busca aplicar el PCA, para ello se programa el código en el software Rstudio. El método empleado para realizar el PCA es el método R, el cual como ya se explicó en el marco teórico sirve para bases de datos donde las unidades de las variables a analizar son diferentes.

De manera que, para obtener un PCA válido es necesario que se siga los siguientes pasos de la Figura 2.4

Figura 2.4. Pasos para la realización del PCA



Fuente: creado por el autor

- Importar datos: en este apartado se carga el archivo Excel con los datos y se conoce la naturaleza de estos.
- Prueba de correlación de Barrett: antes de realizar el PCA es necesario ver que exista correlación entre las variables para que sea aceptable el PCA.
- Análisis de componentes principales (PCA): se obtienen los componentes principales (PC) y las gráficas respectivas para su interpretación.

- Ortogonalidad de las PC: se comprueba que la correlación entre los componentes principales sea cero, así comprobaríamos que son independientes entre sí, lo que asegura que el PCA se hizo correcta.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

Selección de la muestra

Dado el número $N=14$ que se obtuvo de la base de datos de la Superintendencia de Bancos, se aplica la Ecuación 1.1 mencionada en el marco teórico, con un $Z_{\alpha/2}$ de 1,96, P y Q de 0,5, y error de 0,05.

Entonces,

$$n = \frac{1,96^2_{\alpha/2} (0,5)(0,5)(16)}{(0,05)^2(16 - 1) + 1,96^2(0,5)(0,5)} = 14$$

Por lo que, se determina que el tamaño de muestra es de 14 microempresas/ productores.

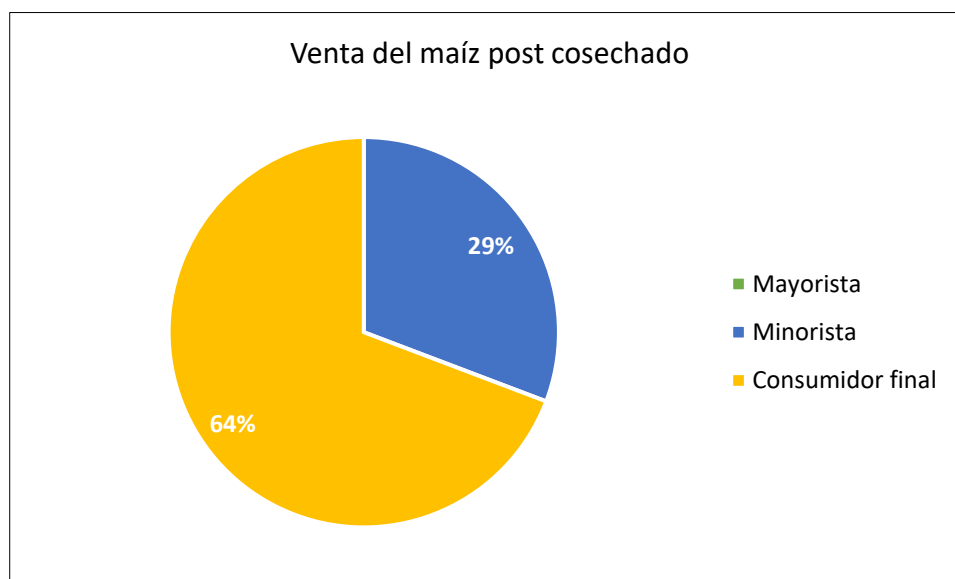
Recolección de información de la ASC del cultivo de maíz en Pichincha

Del primer encuentro con los productores de maíz, se pudo conocer la estructura de la ASC, debido a que los resultados de la pequeña encuesta empleada fueron los siguientes:

- Destino del maíz post cosechado

Se les preguntó a los productores hacia quién iba dirigida la venta del maíz post cosechado, es decir, a mayoristas, minoristas o directamente al consumidor final, el resultado se puede ver en la Figura 3.1

Figura 3.1. Venta del maíz post cosechado



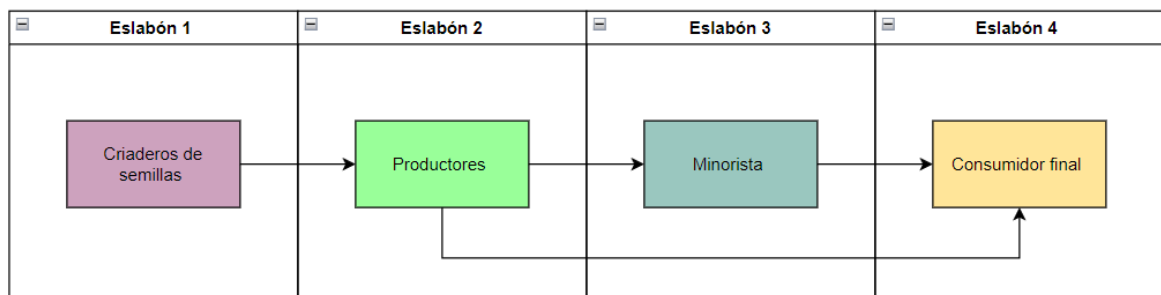
Fuente: creado por el autor

El 64% de los productores vende el maíz post cosechado a los consumidores finales cercanos a la localidad, y el 29% vende a minorista.

Esto es dado a que la producción total del maíz cosechado es de baja productividad debido a las pérdidas por factores climáticos y plagas durante el cultivo.

Del primer acercamiento con los productores se pudo estructurar a la ASC como se muestra en la Figura 3.2

Figura 3.2. Eslabones de la ASC del maíz



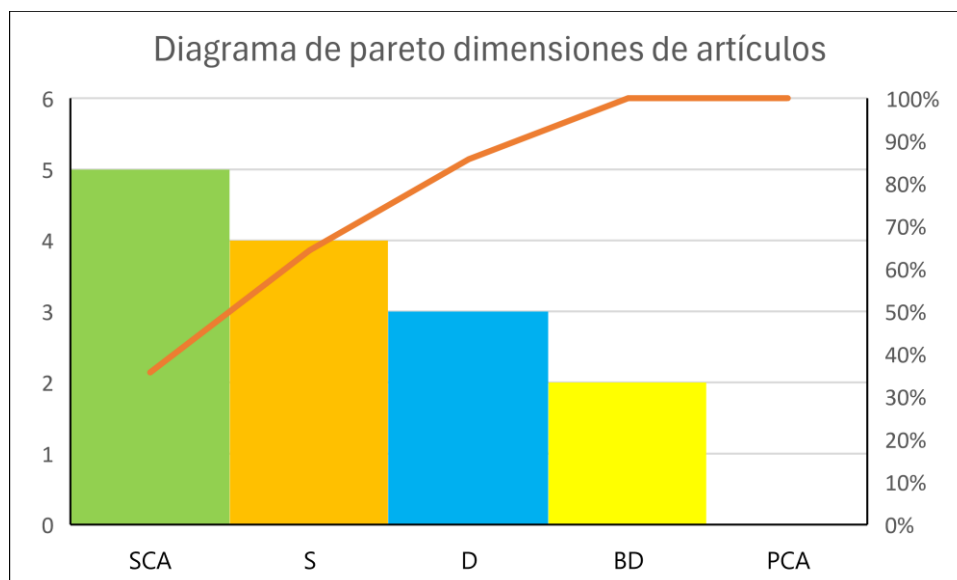
Fuente: creado por el autor

Análisis bibliométrico

De la búsqueda realizada en Scopus y Google Scholar se obtuvieron 14 documentos. Dado las distintas temáticas que se desarrollan dentro de cada artículo se crean dimensiones que permitan clasificar los artículos. Se identificaron 5 dimensiones para la organización de los artículos base de datos (BD), análisis de la demanda (D), sostenibilidad (S), cadena de suministro agroalimentaria (SCA) y análisis de componentes principales (PCA).

A continuación, en la Figura 3.3, se visualiza las dimensiones descritas y la cantidad de artículos que pertenecen a cada categoría.

Figura 3.3. Diagrama de Pareto de las dimensiones



Fuente: creado por el autor

Como se puede observar las dimensiones de ASC, S y D, representan el 80% de los temas que abordan los documentos recopilados, por lo que se toman en cuenta para el trabajo de estudio. Sin embargo, se puede ver que no hay artículos referentes a estudios del PCA en la ASC o SC.

La dimensión con mayor cantidad de documentos es la ASC, de donde se pudo conocer la estructura de la ASC para el estudio. También, la dimensión de sostenibilidad permitió conocer los criterios que deben cumplir la ASC para que sea considerada sostenible, es decir, que cumpla con el Triple Botton Line (TBL). En la dimensión de la demanda, los artículos implican estudios que utilicen métodos estadísticos para prever y comprender los comportamientos de la demanda de productos o servicios en la SC, de manera que esta dimensión es la más importante para la determinación de los factores.

Realizando una revisión de cada documento (4), se pudo establecer los factores presentados en la Tabla 3.1. El resto de los documentos se utilizaron en parte para la elaboración del apartado 1.4 de la SC. A continuación, se presenta una tabla que contiene el nombre del artículo y los factores:

Tabla 3.1. Artículos y factores obtenidos

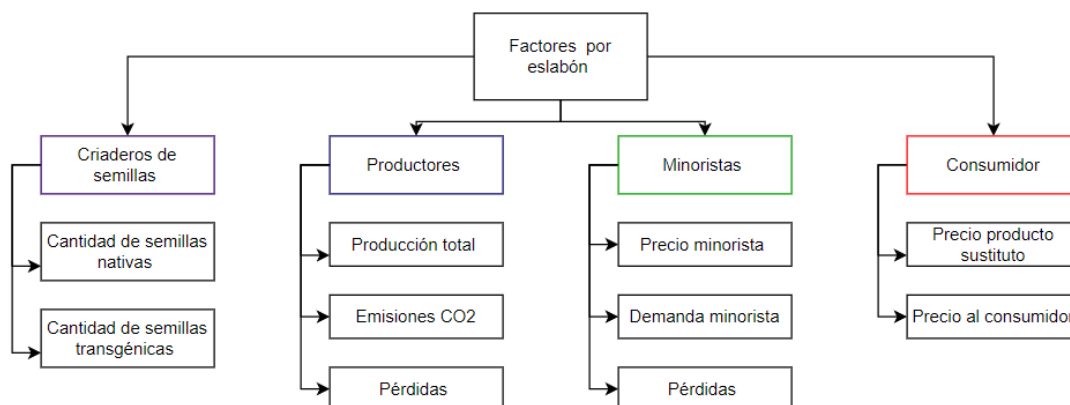
Título del artículo	Factores	Cita
---------------------	----------	------

Sustainable agri-food supply chain with uncertain demand and lead time	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de CO2 (uso de fertilizantes) • Pérdidas cultivo 	(Galal & El-Kilany, 2016)
A national produce supply chain database for food safety risk analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de producto requerido en cada eslabón. 	(LeBlanc et al., 2015)
Demand and supply estimation of maize in Nigeria	<ul style="list-style-type: none"> • Producción total del cultivo • Precio minorista • Precio al consumidor • Pérdidas minoristas 	(Egwuma & Oladimeji, 2020)
Agri-fresh produce supply chain management: a state-of-the-art literature review	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de semilla nativa • Cantidad de semilla mejorada 	(Shukla & Jharkharia, 2018)

Fuente: creado por el autor

Una vez obtenidas los factores se los clasifica por eslabón de la ASC, por lo que se obtiene el siguiente diagrama de factores Figura 3.4

Figura 3.4. Diagrama de factores



Fuentes: Galal & El-Kilany (2016), LeBlanc (2015), (Egwuma & Oldimeji (2020) y Shukla & Jharkharia (2018)

Aplicación del cuestionario

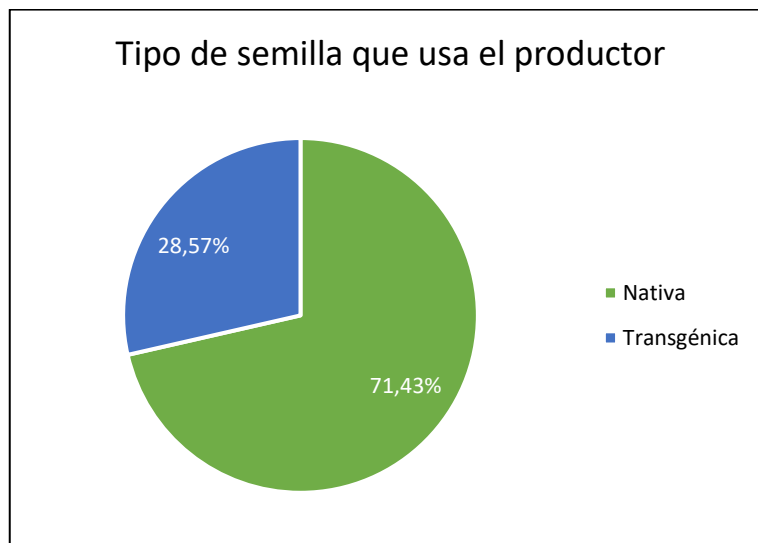
Con la estructura de la ASC y por los factores obtenidos, la encuesta se dirigió a los productores de maíz en la provincia de Pichincha, ya que la información requerida no era ajena al conocimiento del encargado (productor) se realizó la encuesta de todos los eslabones al mismo. or percepción de la cadena, se realizaron conversaciones informales con los minoristas y consumidores, de esa manera se pudo conocer aspectos claves como la razón de la comercialización directa con las microempresas/ productores en vez del mayorista. La encuesta realizada se colocará en el Anexo 1, así como las evidencias fotográficas de los cultivos.

Se entrevistaron a 14 productores/ microempresas, los resultados se irán presentando de acuerdo con cada eslabón.

Eslabón 1: criaderos de semillas

Las dos preguntas estuvieron relacionadas con el tipo y cantidad de semilla nativa o transgénica que utilizan en el cultivo, dado a la preocupación y las preferencias de las personas por consumir productos cada vez más orgánicos. Los resultados se presentan en la Figura 3.5

Figura 3.5. Tipo de semilla que utiliza el productor



Fuente: creado por el autor

El 71,43% de los agricultores usan semilla natural y el 28,57% usa la transgénica para el cultivo de maíz, estos últimos expresaron que las transgénicas tienen un mejor rendimiento que las nativas, ya que tienen mayor resistencia a plagas, tolerancia a los agroquímicos (plaguicidas, pesticidas, herbicidas, etc.) y condiciones ambientales. Dado a que la superficie de cosecha es menor a 1 ha, la cantidad de semilla que utilizan varía entre 3–7 lb, como se puede observar en la Tabla 3.2

Dado que las respuestas se obtuvieron en libras, se realiza la conversión a kilogramos (1lb equivale a 0,453592 kg) para un buen manejo de datos el PCA.

Tabla 3.2. Resultados del tipo y cantidad de semilla que utilizan

Productor	Tipo de semilla	Cantidad (lb)	Cantidad (kg)
M 1	Nativa	6	2,72
M 2	Nativa	8	3,63
M 3	Transgénica	4	1,81
M 4	Nativa	3	1,50
M 5	Nativa	3	1,20
M 6	Nativa	4	1,81
M 7	Transgénica	5	2,25
M 8	Nativa	5	2,27
M 9	Nativa	3	1,20
M 10	Nativa	7	3,18
M 11	Transgénica	6	2,49
M 12	Nativa	6	2,72
M 13	Nativa	3	1,50
M 14	Transgénica	5	2,25

Fuente: creado por el autor

Además, dado que es necesario realizar el PCA diferenciando la cantidad de cada tipo de semilla que se utiliza, se separan los datos como se muestra en la Tabla 3.3

Tabla 3.3. Tabla de cantidad de semilla por tipo

Productor	Semilla nativa (kg)	Semilla transgénica (kg)
P1	2,72	0,00
P2	3,63	0,00
P3	0,00	1,81
P4	1,50	0,00
P5	1,20	0,00
P6	1,81	0,00
P7	0,00	2,25
P8	2,27	0,00

P9	1,20	0,00
P10	3,18	0,00
P11	0,00	2,49
P12	2,72	0,00
P13	1,50	0,00
P14	0,00	2,25

Fuente: creado por el autor

Por los datos obtenidos, se observa que los productores no mezclan la siembra de ambos tipos de semillas, en su mayoría prefieren trabajar con un solo tipo dado que el tratamiento no es el mismo para ambas semillas.

Eslabón 2: productores

En este eslabón las preguntas se relacionan con tres aspectos: producción total, emisiones CO2 y pérdidas durante la cosecha y postcosecha. La producción total, aunque tiene que ver más con la oferta del productor, es clave en la demanda de maíz, ya que si la producción es de baja productividad no puede abastecer al mercado local, además la productividad puede verse afectada por las pérdidas durante el cultivo por causas de plagas o cambios climáticos y postcosecha por mal alma. Por último, para las emisiones de CO2 se consideró el número de aplicaciones de fertilizantes y agroquímicos, este factor influye en la demanda porque las personas tienen cada vez más conciencia del recurso tierra, por lo que buscan que los productos que consuman estén cosechados sosteniblemente. sostenible.

- Producción total

Los resultados de la producción se dividen en las Microempresas que producen maíz en grano seco (qq) y maíz en estado cholo (saco), como se observa en la Figura 3.6

Figura 3.6. Tipo de producción



Fuente: creado por el autor

El 78,57% de las microempresas producen maíz en estado choclo, el 21,43% se dedica a la producción de maíz en seco. Los datos recolectados sobre la producción son medidos por las microempresas en número de sacos o quintales, por lo que, para la producción de maíz en estado choclo (sacos) se tuvo que preguntar el número de choclos que contiene un saco. Con el peso promedio de un choclo que es 224,8 g, equivalente a 0,2248 kg, se obtiene la producción en kg, y luego se convierte en toneladas, dado que 1 kg tiene 0,001 ton. Por otro lado, la producción del maíz se mide en quintales (qq), se realiza la conversión de qq a kg, dado que 1 qq contiene 100 kg, posteriormente se transforma ton. A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo, mediante la Ecuación 3.1 y Ecuación 3.2.

$$Producción (kg) = Producción (sacos) \times \frac{N^{\circ} \text{ choclos en el saco}}{1 \text{ saco}} \times \frac{0,2248 \text{ kg}}{1 \text{ choclo}}$$

Ecuación 3.1. Producción en kg

$$Producción (ton) = producción (kg) \times \frac{0,001 \text{ ton}}{1 \text{ kg}}$$

Ecuación 3.2. Producción en ton

De esta manera se asegura que las unidades de producción sean las mismas como se puede observar en los resultados finales de la Tabla 3.4

Tabla 3.4. Producción de choclo por microempresa

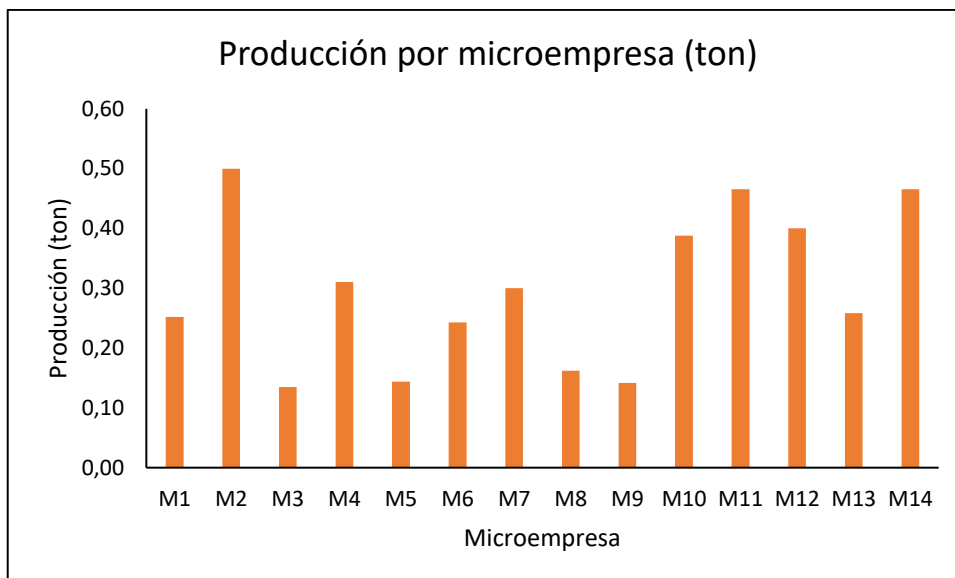
M	Tipo de producción	Producción (sacos o qq)	Número de choclos en 1 saco	Producción (kg)	Producción (ton)
---	--------------------	-------------------------	-----------------------------	-----------------	------------------

M1	Estado cholo	16	70	251,78	0,25
M2	Estado cholo	5	0	500	0,50
M3	Estado cholo	10	60	134,88	0,13
M4	Maíz en grano	12	115	310,22	0,31
M5	Estado cholo	8	80	143,87	0,14
M6	Estado cholo	12	90	242,78	0,24
M7	Estado cholo	3	0	300	0,30
M8	Maíz en grano	12	60	161,86	0,16
M9	Estado cholo	9	70	141,62	0,14
M10	Estado cholo	15	115	387,78	0,39
M11	Estado cholo	18	115	465,34	0,47
M12	Estado cholo	4	0	400	0,40
M13	Maíz en grano	10	115	258,52	0,26
M14	Estado cholo	18	115	465,34	0,47

Fuente: creado por el autor

Como se puede observar en la Tabla 3.4 las microempresas M2, M7 y M12 que se dedican a la producción de maíz en grano tienen mayor producción, dado que 1 qq de maíz en grano seco pesa 100 kg, tiene una unidad de medida fija, no es tan variado como el saco de maíz. A continuación, se presenta la Figura 3.7 para una mejor interpretación.

Figura 3.7. Producción por microempresas



Fuente: creado por el autor

- Emisiones CO2

Para calcular las emisiones se empleó la calculadora agrícola del gobierno de Argentina Figura 3.8, los datos que se requirieron fueron la superficie de hectáreas cultivadas y el número de aplicaciones de pulverización terrestre, dado que este engloba productos químicos como pesticidas, herbicidas y fertilizantes, durante el ciclo del cultivo. Como se puede observar en la Figura 3.8 la calculadora huella de carbono se divide en 3 áreas, para nuestro estudio es necesario completar el área “labores en campo”.

Figura 3.8. Menú principal de la calculadora

Fuente: MAGyP (2021)

A continuación, se da clic en labores en campo y nos lleva a otra hoja de Excel donde se encuentran los diferentes cultivos para el análisis como se puede observar en la Figura 3.9

Figura 3.9. Opciones de cultivo

1. Labores en Campo
 En este primer apartado se estiman las emisiones por el consumo de combustibles fósiles de las distintas labores que realizó para llevar adelante los principales cultivos de la Campaña productiva seleccionada.

Ha que cultivó
 Ha Totales

Tablas por Cultivo:

Soja 1era	Soja 2da	Maiz Temprano	Maiz Tardío/2da
Trigo	Girasol	Cebada	Sorgo

Continuar calculo

Fuente: MAGyP (2021)

Dado que el ciclo del cultivo dura entre 100- 120 días, se escoge la opción de maíz tardío. En la Figura 3.10 se observa la plantilla a llenar para el cálculo de las emisiones.

Figura 3.10. Calculadora de huella de carbono para maíz tardío

Maiz Tardío/2da			
Ha cultivadas	<input type="text" value="0"/>		
Labores Previas	Potencia Tractor (HP)	Total Horas (hs)	Emisiones (kgCO₂eq)
Preparación del terreno/Barbecho	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Labores Cultivo*			
<i>*Estimación de las emisiones a partir del consumo promedio de combustibles de cada labor (Donato, L., 2011, CIA - INTA)</i>			
	Hectareas (Ha)	Emisiones (kgCO₂eq)	
Siembra	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>	
Siembra + Fertilización	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>	
Re-siembra	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>	
	Cantidad de Aplicaciones	Hectareas (Ha)	Emisiones (kgCO₂eq)
Fertilización	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Pulverización Terrestre	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Pulverización Aérea	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>
	Hectareas (Ha)	Emisiones (kgCO₂eq)	
Cosecha Maíz	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>	
Emisiones Totales		<input type="text" value="0,0"/>	
Emisiones/Ha		<input type="text" value="0,0"/>	

Fuente: MAGyP (2021)

Luego se colocan los datos mencionados en los casilleros blancos, para obtener la superficie de la cosecha de maíz (ha) se resta la superficie de pérdidas (ha) de la superficie

total cultivada (ha), la superficie cultivada se dio en m2 como se convierte a ha, dado que 1 ha tiene 10000 m2. La superficie de pérdida se obtiene mediante la Ecuación 3.3

$$\text{Superficie de pérdida (ha)} = \frac{\text{Pérdidas (ton)}}{\text{Producción total (ton)}} \times \text{Superficie cultivada (ha)}$$

Ecuación 3.3. Superficie de pérdida (ha)

Posteriormente, se realiza la resta mencionada anteriormente, los resultados se presentan en la Tabla 3.5

Tabla 3.5. Datos para el cálculo de las emisiones de CO2

Microempresas	Superficie m2	Superficie cultivada (ha)	Proporción de pérdidas	Superficie pérdidas (ha)	Superficie cosechada maíz (ha)	Número aplicaciones de pulverización terrestre
M1	750	0,075	0,31	0,023	0,052	2
M2	800	0,080	0,20	0,016	0,064	2
M3	500	0,050	0,40	0,020	0,030	1
M4	500	0,050	0,17	0,008	0,042	1
M5	400	0,040	0,40	0,016	0,024	1
M6	500	0,050	0,17	0,008	0,042	2
M7	750	0,075	0,17	0,013	0,063	2
M8	500	0,050	0,17	0,008	0,042	1
M9	400	0,040	0,24	0,010	0,030	1
M10	750	0,075	0,40	0,030	0,045	2
M11	750	0,075	0,17	0,013	0,063	2
M12	750	0,075	0,25	0,019	0,056	2
M13	500	0,050	0,40	0,020	0,030	1
M14	750	0,075	0,17	0,013	0,063	2

Fuente: creado por el autor

Como se puede notar, el número de aplicaciones se encuentra entre 1 y 2, dado que no son extensiones de cultivo muy grandes y las microempresas, al querer obtener una producción más orgánica las aplicaciones que se realizan son para combatir las plagas de inicio de cosecha como el trozador, gogollero, al final de la cosecha para combatir el gorgojo y el gusano de la mosca. Además, el número de aplicaciones es bajo porque se realizan técnicas como la rotación de cultivo, limpieza del terreno tras culminar el ciclo de cultivo y el uso de plantas repelentes.

La información de la Tabla 3.6 se ingresan en la calculadora de emisiones, por lo que se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 3.6. Tabla de emisiones CO2 por ha

Microempresa	Emisiones totales CO2 (kgCO2eq)
M1	57,4
M2	62,0
M3	50,7
M4	61,1
M5	50,7
M6	63,7
M7	63,7
M8	61,1
M9	57,2
M10	53,4
M11	63,7
M12	59,7
M13	50,7
M14	63,7

Fuente: creado por el autor

- Pérdidas (durante la cosecha y postcosecha)

Para las pérdidas las microempresas otorgaron los datos en sacos, por lo que los cálculos se hicieron de forma análoga a la de la producción para su cálculo en ambos casos. Los resultados de las pérdidas (ton) se presentan en la Tabla 3.7

Tabla 3.7. Datos de las pérdidas del cultivo y post cosecha

Microempresa	Pérdidas choclos / grano seco (sacos o qq)	Número choclos en el saco	Pérdidas (kg)	Pérdidas (ton)
M1	5	70	78,68	0,08
M2	1	0	100	0,10
M3	4	60	53,952	0,05
M4	2	115	51,704	0,05
M5	3	80	57,5488	0,06
M6	2	90	40,464	0,04
M7	2	0	200	0,2
M8	2	60	26,976	0,03
M9	2	70	34,6192	0,03
M10	6	115	155,112	0,16
M11	3	115	77,556	0,08
M12	1	0	100	0,10

M13	4	115	103,408	0,10
M14	3	115	77,556	0,08

Fuente: creado por el autor

Donde se puede observar que la microempresa con mayores pérdidas es la M10 con 0,16 ton, lo que equivale a 6 sacos de choclos. Además de la pregunta cuantitativa sobre la principal causa de pérdidas, los encuestados respondieron que la mayoría de las pérdidas eran de los cambios climáticos, dado a las fuertes lluvias, que provocaban la caída de la planta de maíz. Otras de las causas de pérdida son por el gogollero, trozador y gorgojo, plaga significativa del maíz, sin embargo, los encuestados reconocieron que es más controlable manejar las plagas y anticiparse, mientras que con los cambios climáticos no.

Eslabón 3: Minorista

Para el eslabón del minorista las preguntas están relacionadas al precio minorista, demanda minorista y pérdidas. El primero es un factor de suma importancia para la determinación de la demanda, dado que es proporcional al precio del consumidor, ya que si este sube el otro también lo hace, lo que perjudica en la decisión del comprador motivándolo a comprar otro producto sustituto. El segundo, está determinado por las ventas que hace el minorista al mes, que es el tiempo en que la microempresa puede vender su producto dado el tiempo de vida útil del mismo, este es decisivo dado que permite a la microempresa planificar su producción. Por último, se pregunta las pérdidas del producto que tiene el minorista.

- Precio minorista

Los precios al minorista varían dado el producto que se vende, en este caso el precio del maíz en grano es más alto al del maíz en estado choclo, dado que se requiere de un proceso de desgrano, a continuación, se presenta la Tabla 3.8 de los datos recolectados.

Tabla 3.8. Precios minoristas

Minorista	Precio minorista choclo (\$/saco)	Precio minorista grano seco (\$/qq)	Precio minorista unificado (\$/saco o qq)
Mi 1	\$ 17,00	0	\$ 17,00
Mi2	0	\$ 150,00	\$ 150,00
Mi 3	\$ 16,50	0	\$ 16,50
Mi 4	\$ 15,00	0	\$ 15,00
Mi 5	\$ 17,00	0	\$ 17,00

Mi 6	\$ 15,50	0	\$ 15,50
Mi 7	0	\$ 180,00	\$ 180,00
Mi 8	\$ 16,00	0	\$ 16,00
Mi 9	\$ 15,00	0	\$ 15,00
Mi 10	\$ 17,25	0	\$ 17,25
Mi 11	\$ 15,00	0	\$ 15,00
Mi 12	0	\$ 160,00	\$ 160,00
Mi 13	\$ 16,25	0	\$ 16,25
Mi 14	\$ 15,00	0	\$ 15,00

Fuente: creado por el autor

- Demanda minorista

La demanda del minorista como ya se explicó anteriormente está influenciada por las ventas de cada minorista al mes, muchos de los minoristas que venden el choclo desgranado compra entre 3-4 quintales de choclo a la semana, al mes ronda entre 8 y 18 sacos, ya que depende de las ventas, esto les permite obtener entre 45-100 fundas de choclos desgranado, mientras que los que venden grano seco compran entre 3-4 quintales.

Los datos recolectados son tomados en unidades de quintales, la conversión a toneladas se realiza de la misma forma que se explicó en el caso de la producción, los resultados se colocan en la Tabla 3.9

Tabla 3.9. Datos de demanda minorista por ciclo de cultivo

Minorista	Demanda minorista (sacos o qq)	Demanda minorista (ton)
Mi 1	15	0,236
Mi2	3	0,30
Mi 3	8	0,106
Mi 4	10	0,259
Mi 5	7	0,126
Mi 6	12	0,243
Mi 7	3	0,30
Mi 8	12	0,162
Mi 9	9	0,142
Mi 10	14	0,362
Mi 11	18	0,405
Mi 12	4	0,4
Mi 13	10	0,259
Mi 14	16	0,414

Fuente: creado por el autor

- Pérdidas

Una de las razones por las que los minoristas prefieren tener una comercialización más directa con las microempresas que cultivan el maíz, es por la vida útil del mismo, enfocado más en el maíz estado choclo que al ser un producto perecible su tiempo de vida se acorta por mal almacenamiento y malas condiciones de transporte (productor-mayorista), lo que provoca que el minorista al comprar el producto este llegue dañado o podrido, lo que en muchas ocasiones significa una pérdida de más del 90% del producto. En este caso, al ser un producto más fresco, las pérdidas por semana en el caso del maíz en grano son nulas, en el caso de maíz en estado choclo las pérdidas se miden en número de choclos que se dañan, para obtener la cantidad de pérdidas en toneladas se hace la conversión mediante el peso promedio del choclo, como se demuestra en la siguiente Ecuación 3.4

$$Pérdidas (ton) = N^{\circ} \text{ de choclos que se dañan} \times \frac{0,2248 \text{ kg}}{1 \text{ choclo}} \times \frac{0,001 \text{ ton}}{1 \text{ kg}}$$

Ecuación 3.4. Pérdidas (ton)

Los resultados de las pérdidas (ton) se presentan en la Tabla 3.10

Tabla 3.10. Datos de pérdidas minorista

Minorista	No. choclos que se dañan	Peso promedio (kg/choclo)	Peso de choclo dañado (kg)	Pérdidas (ton)
Mi 1	20	0,2248	4,50	0,0045
Mi2				
Mi 3	25	0,2248	5,62	0,0056
Mi 4	30	0,2248	6,74	0,0067
Mi 5	35	0,2248	7,87	0,0079
Mi 6	45	0,2248	10,12	0,0101
Mi 7				
Mi 8	25	0,2248	5,62	0,0056
Mi 9	10	0,2248	2,25	0,0022
Mi 10	30	0,2248	6,74	0,0067
Mi 11	25	0,2248	5,62	0,0056
Mi 12				
Mi 13	20	0,2248	4,50	0,0045
Mi 14	35	0,2248	7,87	0,0079

Fuente: creado por el autor

Eslabón 4: consumidor final

Para el eslabón de consumidor, se preguntó el precio del producto sustituto del maíz y el precio al consumidor por comprar ya sea maíz desgranado, maíz en estado choclo y maíz en grano seco.

Según la encuesta aplicada, el producto sustituto es el maíz enlatado, cuyo precio varía según la marca. Dado que se necesita variabilidad en los datos para el PCA el precio al consumidor tanto del maíz en estado choclo como el maíz en grano seco se lo midió en \$/kg, consultaron datos en la página del SINAGAP. Los precios se podrán visualizar a continuación en la Tabla 3.11

Tabla 3.11. Datos del consumidor final

Consumidor	Precio producto sustituto (\$/lata)	Precio del maíz (\$/kg)
C1	\$ 2,09	\$ 0,61
C2	\$ 1,50	\$ 0,61
C3	\$ 2,32	\$ 0,31
C4	\$ 1,88	\$ 0,35
C5	\$ 1,50	\$ 0,45
C6	\$ 2,32	\$ 0,27
C7	\$ 1,88	\$ 0,68
C8	\$ 2,09	\$ 0,39
C9	\$ 1,50	\$ 1,80
C10	\$ 1,88	\$ 1,50
C11	\$ 2,09	\$ 0,58
C12	\$ 2,32	\$ 2,70
C13	\$ 1,50	\$ 0,45
C14	\$ 2,32	\$ 0,51

Fuente: SINAGAP (2024)

Tabla de datos final

Una vez recopilados todos los datos para el análisis de componentes principales (PCA) se unifican los datos en la tabla de la Figura 3.11, como se muestra a continuación:

Figura 3.11. Tabla de datos final

Criaderos de semillas		Productores			Minorista			Consumidor final	
Semilla nativa (kg)	Semilla transgénica (kg)	Producción (ton)	Emisiones totales CO2 (kgCO2eq)	Pérdida cultivo (ton)	Precio minorista (\$/kg)	Demanda minorista (ton)	Pérdidas minoristas (ton)	Precio producto sustituto (\$/lata)	Precio al consumidor (\$)
2,72	0,00	0,25	57,4	0,08	\$17,00	0,236	0,0045	2,09	\$ 0,45
3,63	0,00	0,50	62,0	0,10	\$150,00	0,300	0,00	1,50	\$ 1,80
0,00	1,81	0,13	50,7	0,05	\$16,50	0,106	0,0056	2,32	\$ 0,61
1,50	0,00	0,31	61,1	0,05	\$15,00	0,259	0,0067	1,88	\$ 0,68
1,20	0,00	0,14	50,7	0,06	\$17,00	0,126	0,0079	1,50	\$ 0,61
1,81	0,00	0,24	63,7	0,04	\$15,50	0,243	0,0101	2,32	\$ 0,27
0,00	2,25	0,30	63,7	0,20	\$180,00	0,300	0,00	1,88	\$ 1,50
2,27	0,00	0,16	61,1	0,03	\$16,00	0,162	0,0056	2,09	\$ 0,35
1,20	0,00	0,14	57,2	0,03	\$15,00	0,142	0,0022	1,50	\$ 0,31
3,18	0,00	0,39	53,4	0,16	\$17,25	0,362	0,0067	1,88	\$ 0,58
0,00	2,49	0,47	63,7	0,08	\$15,00	0,405	0,0056	2,09	\$ 0,45
2,72	0,00	0,40	59,7	0,10	\$160,00	0,400	0,00	2,32	\$ 2,70
1,50	0,00	0,26	50,7	0,10	\$16,25	0,259	0,0045	1,50	\$ 0,39
0,00	2,25	0,47	63,7	0,08	\$15,00	0,414	0,004	2,32	\$ 0,51

Fuente: creado por el autor

Análisis PCA

Para el análisis PCA se utiliza la información de la Tabla 3.10, dado que el objetivo del PCA es conocer los factores que influyen en la demanda, se coloca la variable respuesta categórica demanda, la cual consta de tres grupos demanda baja, media y alta. Se agrupan a las microempresas en los grupos mencionados, se utilizan los datos de demanda minorista para obtener el primer y tercer cuartil, es decir, se divide a los datos en tres grupos, en el primero se encuentran aquellos que conforman el 25% de los datos, en el segundo del 25% al 75% de los datos y el tercer grupo más del 75% de los datos.

Primero, se deben colocar los valores de menor a mayor para después calcular el cuartil con la función de Excel CUARTIL.EXC (), de esto se obtiene que el primer cuartil perteneciente a la demanda baja recoge valores de hasta 0,16 ton, la demanda media de 0,161 hasta valores de 0,37 y finalmente el grupo 3 con valores mayores a 0,373 ton. De forma que, se presenta la tabla con la Figura 3.12 para el PCA.

Figura 3.12. Tabla de datos para el PCA

Demanda	Semilla nativa (kg)	Semilla transgénica (kg)	Producción (ton)	Emissiones totales CO2 (kgCO2eq)	Pérdida cultivo (ton)	Precio minorista (\$/saco o qq)	Demanda minorista (ton)	Pérdidas minoristas (ton)	Precio producto sustituto (\$/lata)	Precio al consumidor (\$/kg)
Demanda baja	0,00	1,81	0,13	50,7	0,05	\$ 16,50	0,106	0,0056	\$ 2,32	\$ 0,61
Demanda baja	1,20	0	0,14	50,7	0,06	\$ 17,00	0,126	0,0079	\$ 1,50	\$ 0,61
Demanda baja	1,20	0	0,14	57,2	0,03	\$ 15,00	0,142	0,0022	\$ 1,50	\$ 0,31
Demanda baja	2,27	0	0,16	61,1	0,03	\$ 16,00	0,162	0,0056	\$ 2,09	\$ 0,35
Demanda media	2,72	0	0,25	57,4	0,08	\$ 17,00	0,236	0,0045	\$ 2,09	\$ 0,45
Demanda media	1,81	0	0,24	63,7	0,04	\$ 15,50	0,243	0,0101	\$ 2,32	\$ 0,27
Demanda media	1,50	0	0,31	61,1	0,05	\$ 15,00	0,259	0,0067	\$ 1,88	\$ 0,68
Demanda media	1,50	0	0,26	50,7	0,1	\$ 16,25	0,259	0,0045	\$ 1,50	\$ 0,39
Demanda media	3,63	0	0,5	62	0,1	\$ 150,00	0,300	0	\$ 1,50	\$ 1,80
Demanda media	0,00	2,25	0,3	63,7	0,2	\$ 180,00	0,300	0	\$ 1,88	\$ 1,50
Demanda media	3,18	0	0,39	53,4	0,16	\$ 17,25	0,362	0,0067	\$ 1,88	\$ 0,58
Demanda alta	2,72	0	0,4	59,7	0,1	\$ 160,00	0,400	0	\$ 2,32	\$ 2,70
Demanda alta	0,00	2,49	0,47	63,7	0,08	\$ 15,00	0,405	0,0056	\$ 2,09	\$ 0,45
Demanda alta	0,00	2,25	0,47	63,7	0,08	\$ 15,00	0,414	0,004	\$ 2,32	\$ 0,51

Fuente: creado por el autor

Se eliminó la columna de los datos de la demanda minorista por la categorización. Ahora, tras la categorización de los datos se programará el código en R, según los pasos mencionados en la metodología.

1. Importar datos

Para la primera fase de importar los datos se utilizó el siguiente código que se observa en la Figura 3.13

Figura 3.13. Importar datos

```

1 #IMPORTAR DATOS
2
3 #Importar los datos desde excel
4 library(readxl)
5 Datos_PCA <- read_excel("Noveno/Tabla final_PCA.xlsx",
6                          sheet = "Hoja4")
7
8 #Desagregar la base de datos
9 attach(Datos_PCA)
10
11 #Revisar la estructura de los datos
12 str(Datos_PCA)
13
14 #Transformar a la variable categórica a factor
15
16 Datos_PCA$Demanda <- as.factor(Datos_PCA$Demanda)
17
18 #resumen de la base de datos
19 summary(Datos_PCA)
20
21 #submuestra de variables numéricas
22 PCA <- Datos_PCA[,c(2,3,4,5,6,7,8,9,10)]

```

Fuente: creado por el autor

Lo importante a resaltar en esta parte del código es que al revisar la estructura de los datos con el comando str () se puede observar que la variable categórica demanda es de tipo carácter, Figura 3.14, por lo que es necesario transformarla a factor para el PCA con el

comando `as.factor()`, Figura 3.15, dado que esto ayudará a realizar las gráficas por cada categoría de demanda.

Figura 3.14. Variable categórica en tipo carácter

```
> str(Datos_PCA)
tibble [14 × 10] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Demanda                : chr [1:14] "Demanda baja" "Demanda baja"
"Demanda baja" "Demanda baja" ...
 $ Semilla nativa (kg)     : num [1:14] 0.1 2.1 2.2 2.7 2.72
```

Fuente: creado por el autor



Figura 3.15. Variable categórica como factor

```
> str(Datos_PCA)
tibble [14 × 10] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ Demanda                : Factor w/ 3 levels "Demanda alta",...: 2
```

Fuente: creado por el autor

Además, se realiza una submuestra de variables numéricas llamada PCA, como se ve en la Figura 3.16 se escogen las columnas desde la 2 a la 10 de la tabla de datos, dejando de lado a la variable categórica.

Figura 3.16. Datos con variable categórica

	Demanda	Semilla nativa (kg)	Semilla transgénica (kg)	Producción (ton)	Emisiones totales CO2
1	Demanda baja	0.000000	1.814372	0.13	
2	Demanda baja	1.200000	0.000000	0.14	
3	Demanda baja	1.200000	0.000000	0.14	
4	Demanda baja	2.267965	0.000000	0.16	
5	Demanda media	2.721557	0.000000	0.25	
6	Demanda media	1.814372	0.000000	0.24	
7	Demanda media	1.500000	0.000000	0.31	
8	Demanda media	1.500000	0.000000	0.26	
9	Demanda media	3.628743	0.000000	0.50	

Fuente: creado por el autor

Figura 3.17. Datos sin variable categórica

	Semilla nativa (kg)	Semilla transgénica (kg)	Producción (ton)	Emisiones totales CO2 (kgCO2eq)
1	0.000000	1.814372	0.13	50.7
2	1.200000	0.000000	0.14	50.7
3	1.200000	0.000000	0.14	57.2
4	2.267965	0.000000	0.16	61.1
5	2.721557	0.000000	0.25	57.4
6	1.814372	0.000000	0.24	63.7
7	1.500000	0.000000	0.31	61.1
8	1.500000	0.000000	0.26	50.7
9	3.628743	0.000000	0.50	62.0

Fuente: creado por el autor

La submuestra PCA es la que se utilizará para el resto del código.

2. Prueba de correlación

En la segunda fase del código se realiza la prueba de correlación mediante la prueba de Bartlett, como se muestra en la Figura 3.18

Figura 3.18. Código prueba de correlación Bartlett

```
25 #PRUEBA DE CORRELACIÓN
26
27 #Prueba de Bartlett
28 library(rela)
29 library (psych)
30 #Ho: variables no correlacionadas p value > 0,05
31 #Ha: variables correlacionadas p value < 0,05
32
33 cor(PCA)
34 cortest.bartlett(cor(PCA),n=850)
35
36 #Pvalue es 0 por ello se acepta Ha,
37 #lo que significa que existe correlación entre las variables.
38 library(corrplot)
39 corrplot(cor(PCA))
```

Fuente: creado por el autor

Como se puede ver en el código para la prueba de Bartlett es necesario cargar la librería “rela”, con el comando cor (), se obtiene la matriz de correlación de los datosPCA, la misma que se utiliza para realizar la prueba mediante cortest. bartlett (), pero antes es importante conocer las hipótesis para interpretar el resultado:

- H_0 : variables no correlacionadas pvalue > 0,05
- H_a : variables correlacionadas pvalue < 0,05

El resultado se presenta en la Figura 3.19

Figura 3.19. Resultado prueba de Bartlett

```
> cortest.bartlett(cor(PCA),n=850)
$chisq
[1] 7434.516

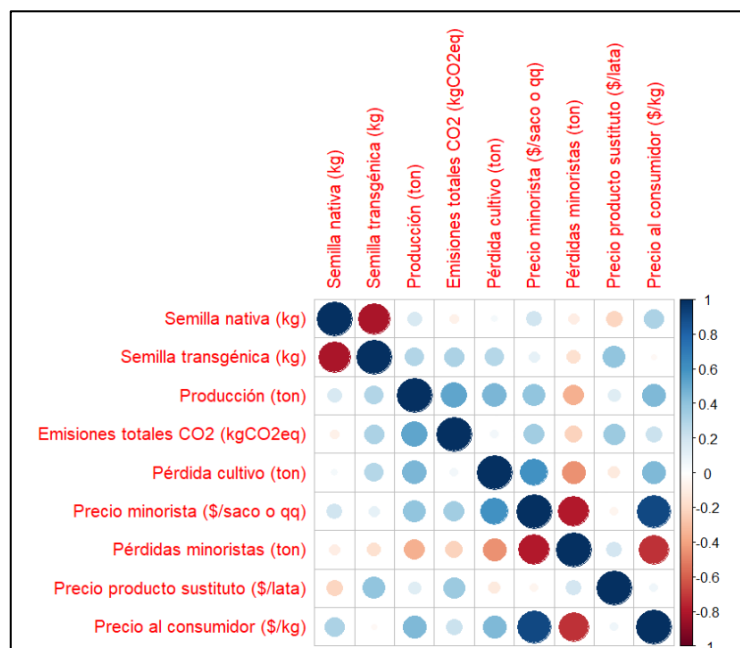
$p.value
[1] 0

$df
[1] 36
```

Fuente: creado por el autor

Dado que el resultado de $pvalue = 0$, por lo que se rechaza H_0 y se acepta H_a , lo que significa que existe correlación entre las variables. A continuación, se presenta un gráfico de correlación en la Figura 3.20, donde la escala de colores va del azul al rojo y representa la correlación positiva y negativa, respectivamente. Entre mayor es la intensidad del color mayor es la correlación, como, por ejemplo: precio al consumidor (\$/kg) y precio al minorista tienen alta correlación positiva, lo que se justifica debido a que cuando sube el precio a minorista el precio al consumidor también lo hace. Las variables semilla nativa y transgénica tienen alta correlación negativa, inversamente proporcionales.

Figura 3.20. Gráfico de correlación



Fuente: creado por el autor

3. Análisis de componentes principales

Una vez comprobada la correlación de los datos se realiza el PCA, cuyo código se presenta en la Figura 3.21

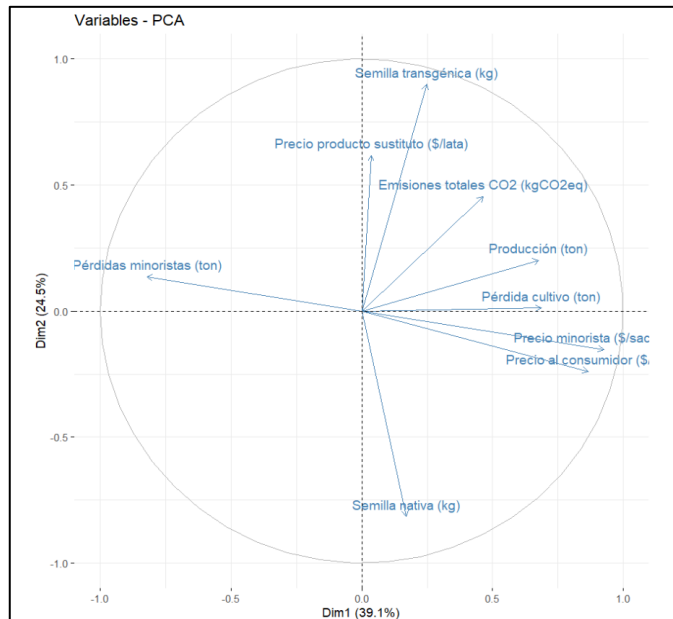
Figura 3.21. Código PCA

```
41 #ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
42
43 #cargar librerías
44 library(ggplot2)
45 library(FactoMineR)
46 library(factoextra)
47
48 #Aplicar PCA
49
50 res.pca = PCA(PCA, scale.unit = TRUE, ncp=, graph = FALSE )
51
52 #GRÁFICO PCA
53
54 fviz_pca_var(res.pca,col.var = "steelblue", axes = c(1,2))
55
56 #vectores propios
57 res.pca$eig
58
59 #gráfico de los vectores propios
60 fviz_eig(res.pca)
61
62 #resultados variables
63 res.pca$var
```

Fuente: creado por el autor

Se cargan las librerías “ggplot2”, “FactorMineR” y “factoextra”, a continuación, se llama al comando PCA (), cuyo resultado se lo llama res.pca, en la función PCA() se colocan los datos PCA, se activa scale.unit = TRUE para normalizar a los datos dado que tienen distintas unidades de medida y diferencias amplias en sus valores, se coloca ncp=, para que me otorgue los componentes principales por default y graph= FALSE, debido a que se realiza el gráfico con el comando fviz_pca_var(), por lo que se realiza el gráfico PCA mostrado en la Figura 3.22

Figura 3.22. Gráfico PCA



Fuente: creado por el autor

De esta primera figura se puede observar las correlaciones entre las variables, se tiene que al estar los vectores precio producto sustituto y semilla transgénica más próximas tienen alta correlación y a su vez estas variables también se correlacionan con emisiones CO2 y producción, debido a que comparten el mismo cuadrante. Por otro lado, las variables pérdida cultivo, pérdida minorista y precio al consumidor también tienen correlación. Sin embargo, se puede ver que las variables pérdidas minoristas y semilla nativa, no comparten relación con las demás, dado que sus vectores se encuentran lejanos.

Además, se observa que la suma de la primera componente (Dim1) y segunda componente (Dim2) suman 63,6%, lo que indica el porcentaje de varianza que capturan de los datos originales.

A nivel numérico, se tienen los resultados de los vectores propios con el comando `res.pca$eig`, que se presentan en la Figura 3.23

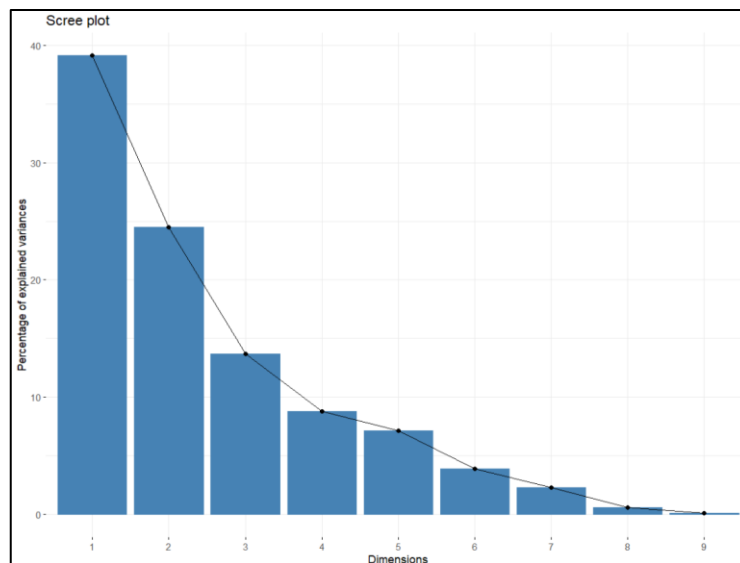
Figura 3.23. Resultado de los vectores propios

```
> res.pca$eig
      eigenvalue percentage of variance cumulative percentage of variance
comp 1 3.52111746          39.12352735          39.12353
comp 2 2.20348930          24.48321448          63.60674
comp 3 1.23262586          13.69584284          77.30258
comp 4 0.78816460           8.75738445          86.05997
comp 5 0.64339683           7.14885367          93.20882
comp 6 0.34867801           3.87420015          97.08302
comp 7 0.20329590           2.25884332          99.34187
comp 8 0.05052315           0.56136830          99.90323
comp 9 0.00870889           0.09676545          100.00000
```

Fuente: creado por el autor

Se puede ver que se han generado nueve componentes, el primer componente aporta el 39,12% de la varianza y el segundo el 24,48%, y así sucesivamente con los demás. En la varianza acumulada los nueve componentes suman el 100% de la varianza total, de forma automática, los gráficos se generan con los dos primeros componentes ya que aportan la mayor varianza. De manera gráfica los resultados de los vectores propios se presentan en la Figura 3.24

Figura 3.24. Gráfica de los vectores propios



Fuente: creado por el autor

Además, se presenta la tabla de valores de componentes principales de las variables en la Figura 3.25

Figura 3.25. Resultados de los componentes principales de las variables

\$contrib	Dim.1	Dim.2	Dim.3
Semilla nativa (kg)	0.82222048	30.202691644	18.5249874
Semilla transgénica (kg)	1.74013892	36.718535272	7.8219531
Producción (ton)	13.00543864	1.842059672	8.6702432
Emisiones totales CO2 (kgCO2eq)	6.12279974	9.379254138	24.9060073
Pérdida cultivo (ton)	13.37668752	0.006244646	11.7918606
Precio minorista (\$/saco o qq)	24.37148543	1.054882284	0.7423508
Pérdidas minoristas (ton)	19.20713525	0.843928329	5.1375238
Precio producto sustituto (\$/lata)	0.03700327	17.330451106	22.0727727
Precio al consumidor (\$/kg)	21.31709076	2.621952908	0.3323013

Fuente: creado por el autor

El resultado más importante en este análisis es el porcentaje de contribución que tiene cada variable con la varianza total en cada componente principal. En la dimensión 1, la variable que más contribuye es precio minorista (24,37%), seguido del precio al consumidor (21,31%) y finalmente pérdidas minoristas (19,20). En la dimensión 2, influyen la semilla transgénica (36,71%), semilla nativa (30,20%) y precio del producto sustituto (17,33%). Por lo que se infiere que estas variables tienen un impacto significativo en la demanda general.

Para un mejor análisis se realizan una serie de gráficos por agrupación, con el siguiente bloque de código que se presenta en la Figura 3.26

Figura 3.26. Código para la generación de gráficos por agrupamiento

```

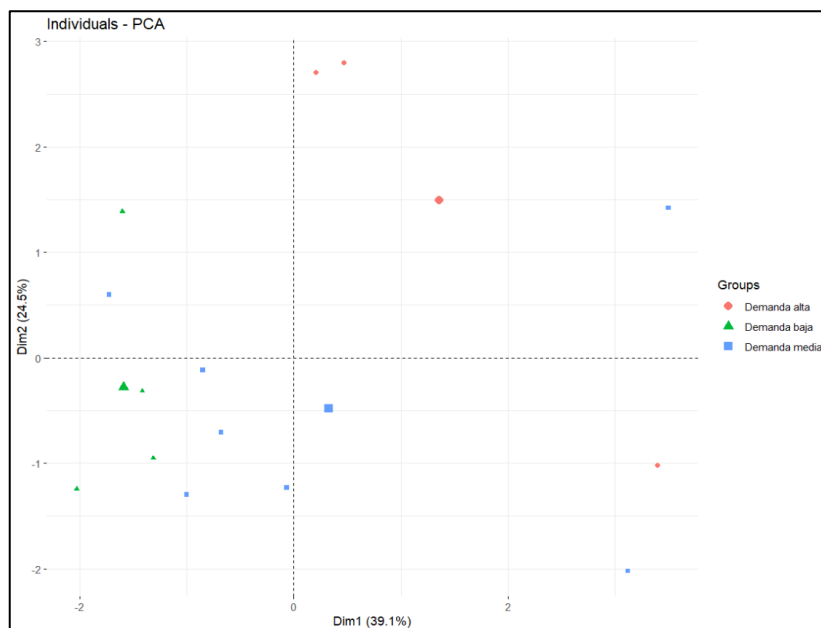
67 #AGRUPAMIENTO POR DEMANDA
68
69 fviz_pca_ind(res.pca, label="none", habillage = Datos_PCA$Demanda)
70
71 fviz_pca_biplot(res.pca, label = "var", habillage = Datos_PCA$Demanda,
72               addEllipses = TRUE, ellipse.level=0.95, min.group.size=5, ggtheme=theme_minimal())
73
74 fviz_pca_biplot(res.pca, #Individuals
75               geom.ind = "point",
76               fill.ind = Datos_PCA$Demanda, col.ind = "black",
77               pointshape=21, pointsize=2,
78               palette="jco",
79               addEllipses = TRUE,
80               #Variables
81               alpha.var="contrib", col.var = "contrib",
82               gradient.cols = "RdYlBu",
83               legend.title= list(fill="v1", color="contrib",
84                                alpha="contrib"))
85

```

Fuente: creado por el autor

La primera gráfica que se presenta en la Figura 3.27 se asigna un agrupamiento por categoría de demanda, donde los puntos representan los datos ingresados de cada microempresa. Se observa que los datos por categoría se encuentran dispersos, por lo que no existen similitudes entre ellos, pero se ve que los datos de demanda baja y media se encuentran, por lo que se infiere que hay relación en las variables analizadas.

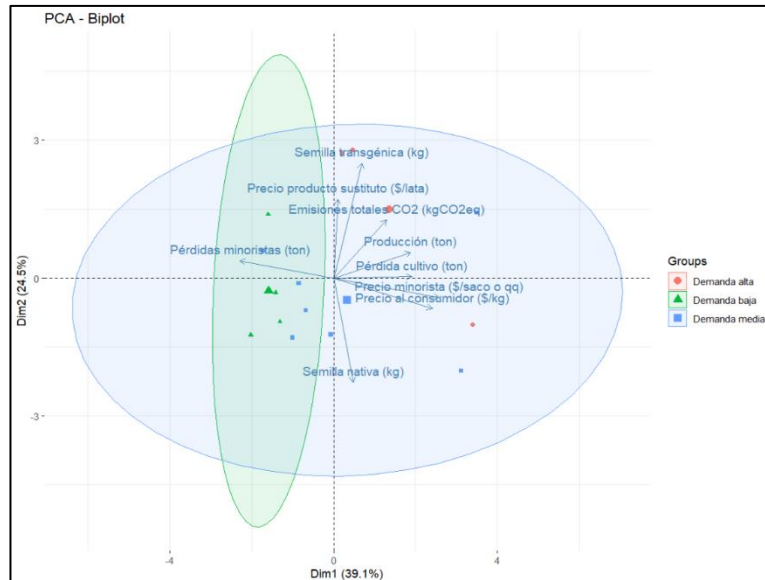
Figura 3.27. Plot de los datos individuales por agrupamiento del PCA



Fuente: creado por el autor

Ahora, se agrupan en elipses a los datos (puntos) por grupos de demanda, el gráfico se muestra en la Figura 3.28

Figura 3.28. Biplot con agrupación de demanda en elipses

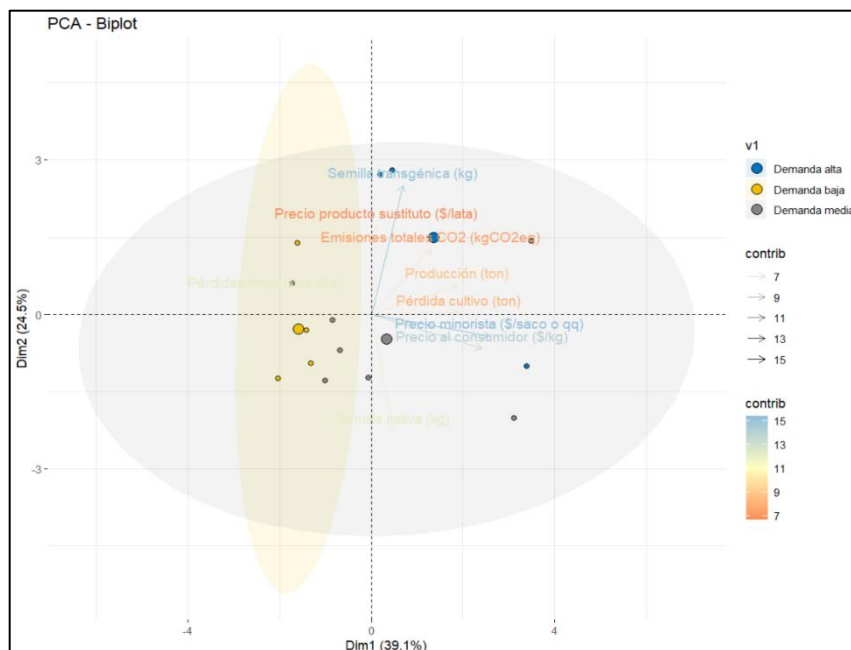


Fuente: creado por el autor

Para el análisis hay que tener presente que la orientación de los vectores indica la magnitud de cada variable, si los datos van en la misma dirección o se encuentran cercanos al vector eso significa que van a tener mayor cantidad de la variable y viceversa. Esta explicación ayudará a entender el análisis realizado en la Figura 3.29

Para un mejor análisis se presenta la Figura 3.29 la cual, sumando al presentado en la figura anterior, esta nos permitirá ver la contribución de cada variable.

Figura 3.29. Biplot PCA con la contribución



Fuente: creado por el autor

En la Figura 3.29 se observa el grado de contribución de cada variable mediante vectores en una escala de colores azul (mayor) y naranja (menor) y con el tamaño de la flecha, de forma que las variables semilla transgénica, precio minorista y precio al consumidor son las que más contribuyen a la variabilidad de los datos y por ende a la demanda, permitiendo que a partir de ellos se describa los patrones de los datos originales.

Las variables que contribuyen en escala media son pérdidas minoristas y semilla nativa. Por último, las que menos contribuyen son precio del producto sustituto, emisiones totales CO₂, producción y pérdida de cultivo.

Por categoría de demanda, donde se encuentra la mayor cantidad de los datos, las variables que más contribuyen en relación con las variables que se encuentran en la figura 3.31 son:

- Demanda baja: dado que los datos se encuentran próximos al vector pérdida minorista se puede decir que tiene una contribución en escala menor de la variable.
- Demanda media: las variables precio minorista y precio al consumidor son las que mayor contribuyen en esta categoría.
- Demanda alta: semilla transgénica, precio producto sustituto, emisiones y producción.

De manera que la variabilidad de una de ellas puede afectar significativamente en cada categoría de la demanda, alterando la estructura de los datos y la detección de patrones importantes.

4. Ortogonalidad

Una vez realizado el PCA es importante ver la ortogonalidad de los componentes principales, que consiste en obtener la matriz de correlación de los componentes principales, los datos de la diagonal son igual a 1, mientras que los otros valores deben ser cero o muy cercanos a 0. El resultado del PCA son nuevas variables (componentes principales) independientes entre sí, lo que asegura que cada una capture una parte única de la variabilidad en los datos originales, para entender mejor las relaciones entre variables y tendencias de los datos.

A continuación, se muestra el código y el resultado de la ortogonalidad en la Figura 3.30

Figura 3.30. Ortogonalidad

```
> print(correlacion_componentes)
              Dim.1          Dim.2          Dim.3
Dim.1  1.000000e+00 -5.684423e-16 -2.109343e-16
Dim.2 -5.684423e-16  1.000000e+00 -5.788351e-16
Dim.3 -2.109343e-16 -5.788351e-16  1.000000e+00
> |
```

Fuente: creado por el autor

Para contrastar los hallazgos alcanzados en el PCA se realiza una regresión lineal múltiple (RLM) en Minitab con el 95% del nivel de confianza (p valor de 5%). A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la Figura 3.31

Figura 3.31. Resumen del modelo

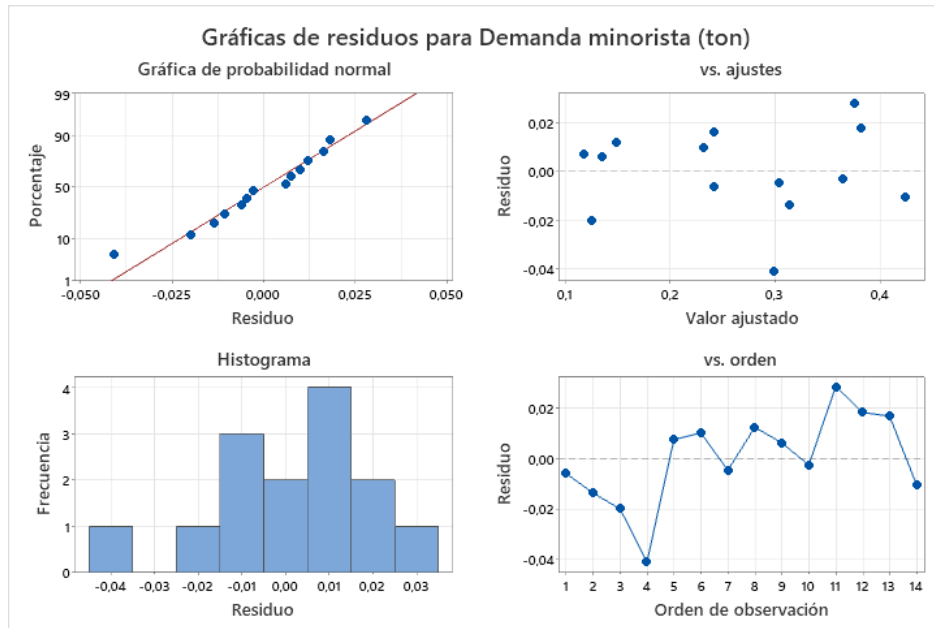
Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,0322670	97,10%	90,58%	0,00%

Fuente: creado por el autor

Se observa el valor de R^2 , el cual indica la cantidad de variabilidad explicada por el modelo es de 0,971 lo cual es cercano a 1, de manera que se infiere que el modelo se adecua correctamente a los datos como se observa en la Figura 3.32 en la gráfica de probabilidad normal. Segundo, en la misma figura se observa en la gráfica residuos vs ajustes que existen algunos valores atípicos ya que se encuentran lejanos de la línea cero. Tercero, en el histograma de residuos se puede apreciar que no existe asimetría en los datos y por la barra que se encuentra distante esta representa el valor atípico en el gráfico anterior. Por último, en el gráfico residuos vs orden se puede observar que los datos se ubican de forma aleatoria lo que verifica que los residuos son independientes entre sí.

Figura 3.32. Gráficas de residuos para Demanda minorista



Fuente: creado por el autor

Además, se tiene la Figura 3.33 con los valores de p del análisis de la varianza.

Figura 3.33. Resultados varianza

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-0,310	0,215	-1,44	0,223	
Semilla nativa (kg)	-0,0431	0,0251	-1,71	0,162	12,23
Semilla transgénica (kg)	-0,0611	0,0374	-1,63	0,177	18,94
Producción (ton)	0,664	0,223	2,98	0,041	10,66
Emisiones totales CO2 (kgCO2eq)	0,00449	0,00476	0,94	0,399	7,55
Pérdida cultivo (ton)	1,152	0,414	2,78	0,050	5,05
Precio minorista (\$/kg)	-0,001125	0,000978	-1,15	0,314	47,48
Pérdidas minoristas (ton)	-6,32	5,54	-1,14	0,318	3,62
Precio producto sustituto (\$/la	0,0844	0,0611	1,38	0,239	5,13
Precio al consumidor (\$)	0,0533	0,0763	0,70	0,524	36,11

Fuente: creado por el autor

Como se puede notar la variable con mayor significancia en el modelo es producción con un p valor de 0,041 menor al p valor de 0,05 establecido. De forma que, el modelo se ajusta mediante la ecuación mostrada en la Figura 3.34

Figura 3.34. Ecuación de regresión

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Demanda minorista (ton)} = & -0,310 - 0,0431 \text{ Semilla nativa (kg)} \\ & - 0,0611 \text{ Semilla transgénica (kg)} + 0,664 \text{ Producción (ton)} \\ & + 0,00449 \text{ Emisiones totales CO2 (kgCO2eq)} \\ & + 1,152 \text{ Pérdida cultivo (ton)} - 0,001125 \text{ Precio minorista (\$/kg)} \\ & - 6,32 \text{ Pérdidas minoristas (ton)} \\ & + 0,0844 \text{ Precio producto sustituto (\$/la)} \\ & + 0,0533 \text{ Precio al consumidor (\$)} \end{aligned}$$

Fuente: creado por el autor

Finalmente, del resultado del PCA constan las variables semilla transgénica, precio minorista y precio al consumidor como las mayores contribuyentes en la demanda, mientras que en la regresión lineal la variable más significativa es producción. Sin embargo, esta última variable dentro del PCA si contribuye, pero en menor magnitud.

3.2 Conclusiones

- Se recopiló información de las microempresas dedicadas al cultivo de maíz para entender cómo funciona la CSA de las microempresas, la cual es muy corta en comparación con la planteada en el marco teórico. Además, el análisis bibliométrico fue un instrumento clave para la obtención de los factores o variables que influyen en la demanda dentro de la CSA, lo que nos permitió realizar la herramienta de recopilación de información y posteriormente el levantamiento de información. Del levantamiento realizado se pudo conocer la realidad de cada uno de los actores de la cadena, en este caso se estableció la causa principal del por qué existe una comercialización directa entre el productor y minorista, la causa radica en las pérdidas que tiene el minorista al comprar al mayorista, dado que en muchas ocasiones el producto llega en mal estado por mal almacenamiento o transporte.
- Se determinó que los componentes uno y dos contiene el 63,6%, de la varianza total de los datos. De manera más específica, en la dimensión 1 la variable que más contribuye es precio minorista (24,37%), seguido del precio al consumidor (21,31%) y finalmente pérdidas minoristas (19,20). En la dimensión 2, influyen la semilla transgénica (36,71%), semilla nativa (30,20%) y precio del producto sustituto (17,33%). Se deduce que estas variables influyen en la variabilidad de los factores que influyen en la demanda y se los considera datos críticos para realizar patrones o tendencias relacionadas a la demanda, dado que un cambio en una de las variables afecta en mayor magnitud a la estructura de los datos.
- Los resultados del PCA muestran que las variables más influyentes en la demanda son la semilla transgénica, el precio minorista y el precio al consumidor. Por otro lado, en el modelo de regresión lineal (RLM), la producción emerge como la variable más significativa. Aunque la producción también tiene un impacto en el PCA, su contribución es de menor magnitud en comparación con las otras variables mencionadas.
- Se determinó la muestra significativa de 14 productores/ microempresas dedicadas al cultivo de maíz en Pichincha, la limitación en la información de estas dadas sus características influyeron en que el tamaño de muestra sea pequeño.

3.3 Recomendaciones

Al concluir con el estudio se pudo identificar varias formas de ampliar el alcance del proyecto:

- Ampliar la cantidad de variables a analizar y el número de observaciones a utilizar para el análisis, para eliminar los sesgos y limitaciones en la generalización de los resultados, dado el problema que surgió en el contraste del PCA y la regresión lineal.
- Para abordar de manera más efectiva el problema de la pérdida de alimentos durante el transporte y almacenamiento, se sugiere llevar a cabo un proyecto de investigación enfocado en la logística de la cadena de suministro alimentaria (SCA). Este proyecto podría incluir un análisis exhaustivo de las causas de las pérdidas de alimentos durante el transporte, utilizando técnicas como el seguimiento y monitoreo de los productos desde su lugar de origen hasta su destino definitivo.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aramyan, L. H., Oude Lansink, A. G. J. M., van der Vorst, J. G. A. J., & van Kooten, O. (2007). Performance measurement in agri-food supply chains: a case study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(4), 304–315. <https://doi.org/10.1108/13598540710759826>
- Bernal Torres, C. Augusto., Salavarieta, D., Sánchez Amaya, T., & Salazar, Rosalba. (2006). *Metodología de la investigación : para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.
- Cadenas de suministro agrícolas: así puede mejorar la situación de Latinoamérica*. (n.d.). Retrieved August 13, 2023, from <https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/descentralizacion-de-las-cadenas-de-suministro-agricolas-en-america-latina/>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro* (Quinta edición). PEARSON EDUCACIÓN.
- Coşkun Aslan, M., & Kısacık, H. (2017). Kurumsal Sürdürülebilirlik Çözümü: Üç Boyutlu Muhasebe. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, Temmuz 2017 (Özel Sayı), 18–34. <https://doi.org/10.25095/mufad.402214>
- Ecuador Agroalimentario | Desarrollo económico y social de las cadenas agroalimentarias*. (2021, August 29). <https://ecuadoragroalimentario.com/#>
- Egwuma, H., & Oladimeji, Y. (2020). (PDF) DEMAND AND SUPPLY ESTIMATION OF MAIZE IN NIGERIA. https://www.researchgate.net/publication/340341752_DEMAND_AND_SUPPLY_ESTIMATION_OF_MAIZE_IN_NIGERIA
- Galal, N. M., & El-Kilany, K. S. (2016). Sustainable Agri-Food Supply Chain with Uncertain Demand and Lead Time. *International Journal of Simulation Modelling*, 15(3), 485–496. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM15\(3\)8.350](https://doi.org/10.2507/IJSIMM15(3)8.350)
- Gamboa Aragundi, J. A., Salinas Herrera, L. J., Salcedo-Muñoz, V. E., & Nuñez Guale, L. A. (2022). El Triple Bottom Line en las acciones de responsabilidad social Universitaria: Caso Universidad Técnica de Machala. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 24(2), 430–444. <https://doi.org/10.36390/telos242.14>

- Guadarrama, J. R. (2020, January 2). *Pruebas de Bartlett*. <https://www.r-data-scientist.com/es/blog/statistical-tests/bartlett-test/>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Iakovou, E., Vlachos, D., Achillas, C., & Foivos, A. (2014). *Design of sustainable supply chains for the agrifood sector: A holistic research framework | Request PDF*. CIGR Journal . <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2325/1874>
- INEC. (2017). *INEC*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Inicio*. (n.d.). Retrieved February 13, 2024, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Kabacoff, R. (2013). *R in Action, Second Edition, MEAP v06*. 1–478. <https://www.manning.com/books/r-in-action-second-edition>
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113-3)
- Lazo, R., & Rodríguez, M. (2008). Factores que determinan la demanda y su utilidad en la toma de decisiones financieras (Factors that determine the demand and its utility in the financial decision making). *Decisiones Financieras InnOvaciones de NegOcios*, 5(1), 17–23.
- LeBlanc, D. I., Villeneuve, S., Hashemi Beni, L., Otten, A., Fazil, A., McKellar, R., & Delaquis, P. (2015). A national produce supply chain database for food safety risk analysis. *Journal of Food Engineering*, 147, 24–38. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.026>
- Lu, S., Cheng, G., Li, T., Xue, L., Liu, X., Huang, J., & Liu, G. (2022). Quantifying supply chain food loss in China with primary data: A large-scale, field-survey based analysis for staple food, vegetables, and fruits. *Resources, Conservation and Recycling*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106006>
- MAGAP. (2024). *Mapa Cultivos*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/mapas-interactivos/2-uncategorised/37-mapa-cultivos>
- MAGyP. (2021). *Instructivo_HCAgricola-V1*.
- Municipio DMQ. (2021). *Plan Operativo Anual DMQ – EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA MERCADO MAYORISTA DE QUITO*. <https://new.mmqep.gob.ec/plan-operativo-anual-dmq/>

- Perçin, S. (2023). Identifying barriers to big data analytics adoption in circular agri-food supply chains: a case study in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(18), 52304–52320. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26091-5>
- Pilipenko, V. I., Isakov, V. A., Sharaev, M. G., & Artemov, A. V. (2023). Food diversity analysis based on data of food purchasing in supermarket chain. *Voprosy Pitaniia*, 92(3), 62–68. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-3-62-68>
- Rainforest Alliance. (2023). *Estándar de Agricultura Sostenible 2020: Requisitos de la cadena de suministro*. Rainforest Alliance. <https://www.rainforest-alliance.org/es/resource-item/estandar-de-agricultura-sostenible-2020-requisitos-de-la-cadena-de-suministro/>
- Rencher, A. C., & William, F. C. (2012). Methods of multivariate analysis: Third edition. *Methods of Multivariate Analysis: Third Edition*, 1–758. <https://doi.org/10.1002/9781118391686>
- Ruan, M. (2020). Quality management of the food cold chain system based on big data analysis. *International Journal of Performability Engineering*, 16(5), 757–765. <https://doi.org/10.23940/ijpe.20.05.p9.757765>
- Scopus. (2022, June 27). *What is Scopus Preview?* https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/15534/supporthub/scopus/#tip
- Shukla, M., & Jharkharia, S. (2013). Agri-fresh produce supply chain management: a state-of-the-art literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(2), 114–158. <https://doi.org/10.1108/01443571311295608>
- SINAGAP. (2024). *Precios*. http://sinagap.mag.gob.ec/sina/PaginasCGSIN/Rep_Pre_Prod_X_MercCGSIN.aspx
- Soler, J. A. P., Delgado, F. M., Sanjuán, A. M. B., & García, M. N. (2018). Modelos para evaluar la sostenibilidad de las organizaciones. *Estudios Gerenciales*, 34(146), 63–73. <https://doi.org/10.18046/J.ESTGER.2018.146.2662>
- VAN DER VORST, J. G. A. J. (2006). Performance measurement in agri-food supply-chain networks. In *Quantifying the Agri-Food supply Chain* (pp. 15–26). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-4693-6_2
- Zambrano, J. L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D. †, López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín, G., Pintado,

P., Yáñez, C., & Racines, M. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana Quito-Ecuador*.

Zepeda, L., & Leviten-Reid, C. (2004). Consumers' Views on Local Food. *Journal of Food Distribution Research*, 35(3), 1–6. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.27554>

5 ANEXOS

5.1 Anexo I. Cuestionario aplicado

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN
Título de la encuesta: encuesta a productores de maíz en la Provincia de Pichincha	
Descripción: encuesta orientada a recolectar datos acerca de los cultivos en la provincia de Pichincha.	
Objetivo: conocer las características y condiciones actuales bajo las cuales opera la CSA del cultivo de maíz en Pichincha.	
Encuesta orientada a la persona a cargo de la microempresa (gerente o dueño del cultivo).	
A. INFORMACIÓN GENERAL	
1.	Razón social: _____
2.	RUC: _____
3.	Email: _____ Teléfono: _____
4.	Superficie de la plantación: _____
Tipo de organización	
<input type="checkbox"/>	Microempresa (trabajadores de 1 a 9, ingresos menores a \$100 000)
<input type="checkbox"/>	Pequeña empresa (trabajadores de 10 a 49, ingresos menores de \$100 001 a \$1000000)
<input type="checkbox"/>	Mediana empresa (trabajadores de 50 a 199, ingresos entre \$1000 0001 y \$5000 000)
<input type="checkbox"/>	Empresas grandes (trabajadores de 200 en adelante, ingresos superiores \$5000 001)
Antes de contestar las preguntas presentadas a continuación favor tomar en cuenta que los datos son referentes al último ciclo de cultivo de maíz.	
CRIADEROS DE SEMILLAS	
1. ¿Cuál es la cantidad de semilla transgénica (lb/ha) que compra para su cultivo de maíz?	
2. ¿Cuál es la cantidad de semilla nativa (lb/ha) que compra para su cultivo de maíz?	

CULTIVADORES	
1. Escoja el tipo de maíz que produce	
<input type="checkbox"/>	Maíz en estado choclo
<input type="checkbox"/>	Maíz en grano seco
2. ¿Cuál es la producción total que se obtiene por maíz en estado choclo (sacos) o maíz en grano seco (qq)?	
3. En caso de que la producción total sea en sacos, por favor, indicar el número de choclos que coloca en cada saco.	

4. ¿Cuál es la superficie cultivada (m²)?
5. ¿Cuál es el número de aplicaciones que se realiza de agroquímicos durante el ciclo del cultivo en la superficie cultivada?
6. ¿Cuál es la cantidad de pérdidas totales que se obtienen del cultivo y post cosecha del maíz?

MINORISTA

1. ¿A qué precio vende al minorista el saco de maíz en estado choclo o el qq de maíz en grano seco? En caso de responder el precio de saco colocar el número de choclos en el saco.
2. ¿Cuál es la cantidad de demanda minorista (sacos o qq) que tiene al mes?
3. ¿Cuál es el número de choclos que se pierden por no cumplir con las ventas?

CONSUMIDOR FINAL

1. ¿Cuál es el precio del producto sustituto del maíz? Es decir, el precio del maíz dulce en lata.
2. ¿A qué precio compra el maíz desgranado, en estado choclo y en grano seco?

5.2 Anexo II. Fotografías cultivo de maíz

Se coloca evidencia fotográfica de los cultivos de maíz encuestados.









