

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay**

ISSN en línea: 2789-3855, 2026

**Agente de Inteligencia Artificial para la Optimización
de Rutas Logísticas en la Exportación de Flores de
Cayambe hacia Nueva York**

Artificial Intelligence Agent for the Optimization of Logistics Routes
in the Export of Flowers from Cayambe to New York

Melany Lorena Calderón Bernal

lorena.calderon@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-2902-3999>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Jaanmer Fernando Carrera Tobar

jaanmer.carrera@upec.edu.ec
<https://orcid.org/000-0002-6973-5596>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Damaris Eliana Cerón PUSDÁ

damaris.ceron@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-8236-6865>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Nataly Yulissa Farinango Sopalo

nataly.farinango@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-9846-4626>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Mayra Gabriela Moreno Ruiz

mayra.moreno@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0384-6640>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.5918>

Artículo recibido: 15 de enero de 2026.
Aceptado para publicación: 21 de mayo de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.



Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.5918>

Agente de Inteligencia Artificial para la Optimización de Rutas Logísticas en la Exportación de Flores de Cayambe hacia Nueva York

Artificial Intelligence Agent for the Optimization of Logistics Routes in the Export of Flowers from Cayambe to New York

Melany Lorena Calderón Bernal

lorena.calderon@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-2902-3999>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Jaanmer Fernando Carrera Tobar

jaanmer.carrera@upec.edu.ec
<https://orcid.org/000-0002-6973-5596>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Damaris Eliana Cerón PUSDÁ¹

damaris.ceron@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-8236-6865>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Nataly Yulissa Farinango Sopalo

nataly.farinango@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-9846-4626>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Mayra Gabriela Moreno Ruiz

mayra.moreno@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0384-6640>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán – Ecuador

Artículo recibido: 15 de enero de 2026. Aceptado para publicación: 21 de mayo de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Este trabajo analiza el desempeño de un Agente basado en Inteligencia Artificial (IA) aplicado a la planificación logística del comercio exterior ecuatoriano. El caso de estudio aborda el envío de flores frescas desde Cayambe zona emblemática de la producción florícola nacional con destino a Nueva York (Estados Unidos). Al tratarse de mercancía con vida útil extremadamente corta, las flores demandan refrigeración continua y desplazamientos en el menor tiempo posible para conservar su frescura hasta el punto de venta. El agente, sustentado en el modelo de lenguaje Llama 3.3-70B ejecutado mediante la API de Groq, integra en tiempo real datos geoespaciales (Nominatim), climatológicos (Open-Meteo), de redes viales (Valhalla/OSM) y de regulación comercial (Incoterms 2020). Los hallazgos indican que el sistema: (1) identifica la vía aérea como la única alternativa

¹ Autora de correspondencia.


compatible con la prioridad de “tiempo mínimo”, estimando un tránsito de 24 horas; (2) determina de manera autónoma el Aeropuerto Mariscal Sucre (UIO) en Quito como hub de salida idóneo basándose en el parámetro de delegación a la IA; (3) recomienda el Incoterm CIF (Cost, Insurance and Freight) como el esquema de transferencia de riesgos más seguro para carga de alto valor; (4) estima la huella de carbono del trayecto aéreo en 348,55 ton CO₂ valor ajustado por los autores conforme a los coeficientes de emisión DESNZ/DEFRA 2024, neutralizable con la siembra de 15.380 árboles anuales; y (5) compila con gran precisión el listado documental exigido, identificando correctamente regulaciones críticas como el Certificado Fitosanitario de Exportación de AGROCALIDAD y la DAE. Los resultados permiten concluir que la incorporación de herramientas de IA paramétrica en la Distribución Física Internacional (DFI) de productos perecederos ofrece un potencial estratégico significativo para modernizar la gestión en la industria florícola ecuatoriana.

Keywords: comercio exterior, logística aérea, inteligencia artificial, incoterms, flores, productos perecederos, distribución física internacional

Abstract

This paper analyzes the performance of an Artificial Intelligence (AI)-based Agent applied to the logistics planning of Ecuadorian foreign trade. The case study addresses the shipment of fresh flowers from Cayambe, an emblematic area of national floriculture production, to New York (United States). Given their extremely short shelf life, flowers require continuous refrigeration and transport in the shortest possible time to preserve their freshness until the point of sale. The agent, based on the Llama 3.3-70B language model implemented through the Groq API, integrates real-time geospatial (Nominatim), climatological (Open-Meteo), road network (Valhalla/OSM), and trade regulation (Incoterms 2020) data. The findings indicate that the system: (1) identifies air freight as the only alternative compatible with the priority of “minimum time,” estimating a transit time of 24 hours; (2) autonomously determines Mariscal Sucre Airport (UIO) in Quito as the designated departure hub, calculated using the AI delegation parameter; (3) recommends the Incoterm CIF (Cost, Insurance and Freight) as the safest risk transfer scheme for high-value cargo; (4) estimates the carbon footprint of the air route at 348.55 tons of CO₂, a value adjusted by the authors according to the DESNZ/DEFRA 2024 emission coefficients, which can be offset by planting 15,380 trees annually; and (5) accurately compiles the required documentation list, correctly identifying critical regulations such as the AGROCALIDAD Phytosanitary Export Certificate and the DAE. These results suggest that incorporating parametric AI tools into the International Physical Distribution (IPD) of perishable products offers significant strategic potential for modernizing management in the Ecuadorian floriculture industry.

Keywords: foreign trade, air logistics, artificial intelligence, incoterms, flowers, perishable goods, international physical distribution

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Calderón Bernal, M. L., Carrera Tobar, J. F., Cerón Pusedá, D. E., Farinango Sopalo, N. Y., & Moreno Ruiz, M. G. (2026). Agente de Inteligencia Artificial para la Optimización de Rutas Logísticas en la Exportación de Flores de Cayambe hacia Nueva York. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (3), 130 – 152. <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.5918>

INTRODUCCIÓN

Relevancia del sector florícola ecuatoriano en los mercados globales

En el panorama mundial de exportación de flores, Ecuador ocupa la tercera posición detrás de los Países Bajos y Colombia, con ingresos anuales que sobrepasan los \$1.000 millones USD (Banco Central del Ecuador, 2025). La reputación internacional de las flores ecuatorianas se sustenta en tres pilares: calidad superior, diversidad de variedades y prolongada duración tras la cosecha, propiedades que dependen de forma directa del funcionamiento eficiente de su Distribución Física Internacional (DFI).

Estados Unidos constituye el destino prioritario de la oferta florícola ecuatoriana, al concentrar cerca del 40 % de los despachos del país (Expoflores, 2025). Dentro de ese mercado, Nueva York opera simultáneamente como polo de consumo y como nodo de redistribución hacia toda la costa este estadounidense, lo que lo convierte en un punto de llegada de importancia estratégica para los cultivadores nacionales.

El traslado internacional de flores involucra retos logísticos particularmente rigurosos:

Ventana de comercialización reducida: Una vez cortadas, las flores mantienen condiciones óptimas de venta durante un máximo de 14 a 21 días (Reid, 2009). Cada hora de retraso en la cadena de suministro erosiona de manera directa su valor de mercado.

Conservación térmica permanente: A lo largo de todo el recorrido desde la sala de postcosecha en campo hasta la recepción por parte del comprador neoyorquino, la temperatura debe sostenerse entre 2°C y 4°C sin interrupción.

Fragilidad ante impactos físicos: La estructura delicada de tallos y pétalos exige embalajes diseñados específicamente y protocolos de manipulación que minimicen vibraciones y golpes.

Exigencias sanitarias del país importador: Las autoridades estadounidenses condicionan el ingreso de flores al cumplimiento de normas fitosanitarias que certifiquen la ausencia de organismos patógenos y plagas reguladas (USDA APHIS, 2025).

Cayambe: polo florícola de referencia

Situada en la provincia de Pichincha, al pie del volcán homónimo que alcanza los 5.790 metros sobre el nivel del mar, Cayambe se ha consolidado como uno de los epicentros de la floricultura ecuatoriana. Su emplazamiento sobre la línea ecuatorial, combinado con la elevación del terreno, propicia un ciclo productivo ininterrumpido a lo largo del año y favorece la obtención de flores con tallos elongados y pigmentación vibrante (ProEcuador, 2024).

Desde las fincas de Cayambe hasta el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre (UIO) en Quito median aproximadamente 60 km, que se recorren en un lapso de 1,5 a 2 horas. Este segmento terrestre precisa vehículos con sistema de refrigeración activa capaces de preservar la integridad térmica del producto.

Justificación de la investigación

La comercialización internacional de flores representa un escenario límite dentro de la logística de mercancías perecederas, en el que el factor tiempo adquiere un carácter determinante. Mientras que el camarón congelado tolera travesías marítimas refrigeradas de 18 a 25 días, las flores cortadas pierden irreversiblemente su aptitud comercial si permanecen más de 2 a 3 días en tránsito (Reid, 2009). En consecuencia, para mercados distantes como el de Nueva York, la vía aérea se impone como la única opción operativamente viable.

El estudio aquí presentado somete a validación un Agente basado en IA, concebido para:

- Reconocer de forma autónoma que las flores pertenecen a la categoría de perecederos con máxima urgencia de despacho.
- Prescribir el transporte aéreo como la modalidad exclusiva que satisface el criterio de “tiempo mínimo”.
- Determinar el aeropuerto de embarque más conveniente atendiendo a la proximidad geográfica con el origen y la oferta de conexiones internacionales.
- Sugerir el Incoterm CIF como la fórmula más ventajosa para la distribución de riesgos con el comprador en destino.
- Calcular el impacto ambiental del traslado aéreo y plantear alternativas de compensación de carbono.

Objetivo general

Comprobar, a partir de un caso real de despacho de flores desde Cayambe con destino a Nueva York, que un Agente de Inteligencia Artificial está en capacidad de optimizar la Distribución Física Internacional de mercancías perecederas de alta fragilidad, al prescribir la modalidad de transporte (aérea), el punto de embarque (Quito), el régimen contractual (CIF), el paquete documental necesario y el balance ambiental de la operación, contribuyendo así a reducir la incertidumbre decisional y a preservar la calidad del producto.

Organización del documento

El artículo se estructura en cinco secciones. La Sección 2 desarrolla el sustento teórico relativo a la DFI de flores, los estándares de cadena de frío, los Incoterms pertinentes al flete aéreo y los criterios de sostenibilidad. La Sección 3 detalla el diseño metodológico adoptado en el caso de estudio. La Sección 4 presenta y analiza los resultados arrojados por el agente. La Sección 5, por último, formula las conclusiones y recomendaciones derivadas del ejercicio.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

Se adoptó un diseño de caso único con enfoque mixto: la vertiente cualitativa abordó la elección del Incoterm y la fundamentación de las prescripciones logísticas, mientras que la cuantitativa procesó distancias, tiempos de recorrido, volúmenes de emisión de CO₂ e indicadores de eficiencia (scores).

El caso seleccionado es representativo del sector florícola ecuatoriano por las siguientes razones:

Producto: Flores, el segundo producto no petrolero más exportado por Ecuador después del camarón (Banco Central del Ecuador, 2025).

Origen: Cayambe, uno de los principales centros productores de flores del país.

Destino: Nueva York, el principal mercado de entrada para flores ecuatorianas en Estados Unidos.

Tipo de contenedor: 40' Reefer (refrigerado), necesario para mantener la cadena de frío.

Prioridad: Tiempo mínimo, la opción obligatoria para flores.

Variables de entrada del caso

La Tabla 1 resume las variables de entrada configuradas para el caso de estudio.

Tabla 1

VARIABLES DE ENTRADA DEL CASO DE ESTUDIO

Variable	Valor ingresado	Justificación comercial
Producto	Flores	Perecedero de altísima sensibilidad
Origen	Cayambe, Ecuador	Principal centro productor (Pichincha)
Destino	Nueva York, EE.UU.	Principal mercado de entrada costa este
Modo de transporte	Automático (IA)	Se deja que el agente determine el óptimo
Tipo de contenedor	40' Reefer (refrigerado)	Cadena de frío para flores
Salida preferida	IA Decide (Mejor Opción)	El agente seleccionó autónomamente UIO
Unidades	5 contenedores, 120 ton, 6.500 cajas	Volumen representativo
Peso total	120 toneladas	5 contenedores × 24 ton
Prioridad	Tiempo mínimo	Opción correcta para flores

Fuente: elaboración propia.

Arquitectura tecnológica del agente

El agente opera sobre una arquitectura de APIs gratuitas y open source, como se ilustra en la Figura 1. Tsolakakis et al. (2023) demuestran que los sistemas basados en inteligencia artificial pueden reducir los costos logísticos en un 15–30 % mediante la optimización de rutas y la predicción de demanda.

Nominatim (OpenStreetMap Foundation, 2025): Geocodificación de ciudades de origen y destino.

Open-Meteo (Zippenfenig, 2023): Consulta de condiciones climáticas en tiempo real.

Valhalla (OpenStreetMap): Cálculo de rutas terrestres reales (distancia y tiempo de conducción).

Haversine: Cálculo de distancias de gran círculo para rutas aéreas y marítimas.

Llama 3.3-70B (Groq API) (Touvron et al., 2023): Modelo de lenguaje para la generación de la recomendación logística estructurada en formato JSON.

Para fines de demostración académica y evaluación práctica por parte de operadores logísticos, este sistema computacional ha sido desarrollado íntegramente por estudiantes de la carrera de Comercio Exterior. El agente se encuentra de despliegue público y plenamente funcional en la dirección web: <http://n8n.alwaysdata.net/>.

Procesamiento del agente (flujo lógico)

El agente ejecutó las siguientes etapas de manera autónoma:

Clasificación de la mercancía: El sistema detectó que “flores” está incluido en la lista de productos perecederos. Activó alertas de cadena de frío y verificó compatibilidad del contenedor 40' Reefer. Validación positiva.

Geocodificación y análisis de viabilidad: El agente convirtió “Cayambe, Ecuador” y “Nueva York, Estados Unidos” en coordenadas geográficas mediante Nominatim.

Consulta climática en tiempo real: Se obtuvieron las condiciones meteorológicas actuales:

Figura 1

Interfaz del Agente de IA: formulario de configuración del análisis logístico

Nota: El usuario ingresa producto, origen, destino, modo de transporte, tipo de contenedor, puerto de salida, unidades/peso y prioridad. El sistema procesa estas variables mediante APIs gratuitas y el modelo Llama 3.3-70B.

Fuente: elaboración propia.

Origen (Cayambe): 2,4°C, nublado, viento 1,1 km/h (sin alertas).

Destino (Nueva York): 9°C, mayormente despejado, viento 7 km/h (sin alertas).

Cálculo de la ruta terrestre: Mediante Valhalla se calculó la distancia terrestre Cayambe–Aeropuerto de Quito.

Selección del aeropuerto de embarque: El agente identificó el Aeropuerto Mariscal Sucre (UIO) como el más cercano a Cayambe. Basándose en el parámetro de decisión delegada, recomendó Quito descartando infraestructuras marítimas.

Cálculo de la ruta aérea: Se estimó un tiempo de vuelo de 5–6 horas (Quito–Nueva York, distancia en gran círculo:

~4.500 km).

Cálculo de la huella de carbono: Cuantificación de emisiones para los modos aéreo (288,37 ton CO₂, según el factor interno del agente de 0,500 kg CO₂/ton-km) y marítimo (4,61 ton CO₂). Los autores recalcularon estos valores aplicando los factores DESNZ/DEFRA (DESNZ, 2024), obteniendo 348,55 ton CO₂ para el modo aéreo y 8,63 ton CO₂e para el marítimo.

Generación de la recomendación estructurada: Mediante Llama 3.3, se generó una salida JSON con: modo recomendado, Incoterm, justificaciones, riesgos, recomendaciones operativas, documentos, scores y alternativas.

Criterios de evaluación

Se evaluó la calidad comercial de la recomendación según seis criterios, presentados en la Tabla 9. Además de los cuatro criterios funcionales del agente, se incorporaron dos criterios adicionales relativos a las certificaciones internacionales que respaldan la cadena logística de perecederos.

Respecto a las certificaciones internacionales pertinentes a la cadena logística de flores, se identifican las siguientes:

IATA CEIV Fresh: Certificación del Centro de Excelencia para Validadores Independientes de la IATA, específica para el manejo de carga perecedera. Las aerolíneas con esta certificación garantizan protocolos estandarizados de temperatura, manipulación y trazabilidad para flores frescas. Entre los operadores certificados se encuentran Qatar Airways Cargo, Singapore Airlines Cargo y Emirates SkyCargo (IATA, 2025).

Certificado Fitosanitario de Exportación (CFE): Documento emitido por AGROCALIDAD que acredita que las flores están libres de plagas cuarentenarias. Es requisito obligatorio del USDA/APHIS para el ingreso de flores cortadas a Estados Unidos (USDA APHIS, 2025; AGROCALIDAD, 2025).

Gold Standard y Verra VCS: Estándares de certificación para bonos de carbono voluntarios, relevantes para la compensación de la huella ambiental del transporte aéreo (Broekhoff et al., 2019).

IATA Perishable Cargo Regulations (PCR): Normativa de referencia que establece los estándares de embalaje, etiquetado y manipulación de carga perecedera en el transporte aéreo (IATA, 2025).

Tabla 2

Criterios de evaluación de la recomendación del agente

Criterio	Pregunta de evaluación	Resultado	Certificación asociada
Pertinencia del modo	¿Recomienda el transporte aéreo?	Si	Requisito ineludible para preservar cadena de frío y maximizar vida útil.
Acierto del Incoterm	¿CIF protege al exportador comercialmente?	Si	ICC Incoterms® 2020.
Embarque lógico	¿Deduce el Aeropuerto de Quito?	Si	Proximidad geográfica al valle de Cayambe.
Utilidad huella CO2	¿Permite decisiones sostenibles?	Si	Gold Standard / Verra VCS
Cumplimiento fitosanitario	¿Incluye CFE de AGROCALIDAD?	Si	AGROCALIDAD CFE
Conformidad regulatoria	¿Verifica requisitos APHIS/USDA?	Si	USDA APHIS ACIR [3]

Fuente: elaboración propia.

DESARROLLO

Logística floral: preservación térmica y horizonte de comercialización

El despacho internacional de flores cortadas figura entre las operaciones de más alta complejidad dentro de la logística del comercio global. De acuerdo con la Asociación de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador (Expoflores, 2025), el intervalo máximo entre la cosecha y la llegada al consumidor final oscila entre 14 y 21 días, según la especie (rosas, claveles, gypsophilas, entre otras). Los trabajos de Reid y Jiang (2012) documentan que el deterioro de las flores cortadas se acelera drásticamente cuando la temperatura excede los 4°C: cada incremento de 10°C recorta la vida útil del producto a la mitad.

La cadena de frío de las flores requiere el cumplimiento estricto de rangos de temperatura en cada etapa del proceso, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3

Requisitos de cadena de frío para la exportación de flores cortadas

Etapa	Temp. (°C)	Duración máx.	Consecuencia de incumplimiento
Postcosecha en finca	2-4	4 h	Marchitamiento prematuro
Almacenamiento en centro de acopio	2-4	24 h	Pérdida de turgencia
Transporte terrestre a aeropuerto	2-4	6 h	Daño por estrés térmico
Almacenamiento en aeropuerto origen	2-4	12 h	Reducción de vida útil
Transporte aéreo (bodega climatizada)	2-8	24-48 h	Deshidratación y pérdida de color
Almacenamiento en aeropuerto destino	2-4	12 h	Riesgo de contaminación cruzada
Transporte terrestre al comprador	2-4	6 h	Daño mecánico por vibraciones

Fuente: Expoflores (2025) y Manual de Buenas Prácticas para la Exportación de Flores (ProEcuador, 2024)].

En el caso analizado, el agente detectó correctamente que las flores requieren un tiempo de tránsito mínimo, y por ello recomendó el transporte aéreo con una duración total estimada de 24 horas desde Cayambe hasta Nueva York.

Trayecto Cayambe–Nueva York: exclusividad del modo aéreo

La corta vida comercial de las flores descarta de plano la alternativa marítima hacia destinos como Nueva York: el tránsito mínimo por mar desde Ecuador hasta la costa este estadounidense incluyendo el paso por el Canal de Panamá, demanda al menos cinco días, plazo que rebasa con creces la ventana de frescura admisible (Reid, 2009; Rodrigue, 2024).

El itinerario aéreo óptimo desde la zona productora de Cayambe se desglosa en la Tabla 4.

Table 4

Itinerario logístico óptimo Cayambe–Nueva York por vía aérea

Tramo	Dist.	Tiempo	Modo	Requisitos
Cayambe → UIO (Quito)	~60 km	1,5–2 h	Camión frigorífico	Temp. 2–4°C, monitoreo satelital
UIO → JFK (Nueva York)	~4.500 km	5–6 h	Avión de carga	Bodega climatizada 2–8°C
JFK → Centro distribución	30–100 km	1–3 h	Camión frigorífico	Temp. controlada, entrega JIT

Fuente: elaboración propia.

Incoterms 2020: pertinencia en el flete aéreo de flores

Al evaluar las flores despachadas por avión, el agente optó por el Incoterm CIF (Cost, Insurance and Freight). Conforme a la normativa de la Cámara de Comercio Internacional (ICC, 2019), en el régimen CIF el vendedor asume la contratación y el pago del flete, así como el seguro básico obligando protección desde el punto de origen hasta el puerto o aeropuerto de destino acordado. La Tabla 5 presenta el análisis del Incoterm CIF aplicado al transporte aéreo de flores.

Table 5

Análisis del Incoterm CIF aplicado al transporte aéreo de flores

Característica	Aplicación	Ventaja exportadora	Ventaja compradora
Vendedor paga transporte hasta destino	Exportador contrata flete aéreo Quito–JFK	Controla la calidad y continuidad de la cadena de frío	No necesita coordinar fletes inter-nacionales
Seguro obligatorio por parte del vendedor	Exportador adquiere cobertura de seguro hasta JFK	Garantiza que la carga esté protegida bajo sus estándares	Recibe la carga asegurada sin incurrir en pólizas iniciales
Control integral logístico	Exportador gestiona la trazabilidad hasta el arribo	Asegura el manejo rápido y especializado de flores	Garantía de que un experto local manejó el percedero en origen

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 6 justifica por qué CIF es preferible a CPT para este caso específico.

Tabla 6

Comparación de Incoterms CIF vs. CPT para flores por vía aérea

Incoterm	Transferencia de Obligación	Justificación
CPT	En el aeropuerto de origen (Quito). El comprador debe obtener su propio seguro.	Las flores son de alto valor; requerir que el importador contrate un seguro internacional puede retrasar la operación o resultar en cobertura inadecuada.
CIF	En aeropuerto de destino (JFK) en términos monetarios/seguro.	El exportador asume el seguro garantizando la viabilidad del traslado de las flores hasta JFK, dando mayor seguridad a la negociación comercial.

Fuente: elaboración propia.

Despacho aéreo de flores: costos operativos, plazos de entrega e impacto medioambiental

Si bien la vía aérea ofrece los plazos de entrega más cortos, conlleva también las tarifas más elevadas y la mayor huella ambiental por unidad movilizada (McKinnon et al., 2015). Los coeficientes de emisión adoptados en este estudio proceden de las tablas oficiales del Departamento de Seguridad Energética y Cero Neto del Reino Unido reconocidos como la referencia internacional predominante en la contabilidad corporativa de gases de efecto invernadero (DESNZ, 2024). Dichos coeficientes sitúan la intensidad de emisión del transporte aéreo de carga en trayectos de larga distancia en 0,643 kg CO₂/ton·km, mientras que para el flete marítimo en buques portacontenedores de porte medio el valor correspondiente es de 0,016 kg CO₂e/ton·km (DESNZ, 2024). De manera complementaria, el Marco GLEC (Global Logistics Emissions Council), desarrollado por el Smart Freight Centre y armonizado con la norma ISO 14083:2023, arroja cifras de referencia coherentes con los factores DESNZ (Smart Freight Centre, 2023).

En lo concerniente a la proyección de costos (Tabla 7), el agente trabajó con intervalos representativos del mercado de carga aérea de perecederos en el corredor Ecuador–Estados Unidos. Debido a que las tarifas de flete aéreo fluctúan en función de la temporada, la cotización del queroseno de aviación, el peso volumétrico de la carga y los acuerdos bilaterales entre exportadores y operadores aéreos (Freightos, 2025), se adoptó una banda de USD 3,60 a 4,80 por kilogramo (esto es, de USD 3.600 a 4.800 por tonelada) para despachos de flores frescas en contenedores con temperatura controlada, cifra alineada con las cotizaciones observadas en plataformas especializadas como Freightos y WebCargo, así como con las tarifas indicativas de LATAM Cargo para el corredor UIO–JFK (Freightos, 2025). La factura total estimada (USD 432.000–576.000) resulta de aplicar dicha tarifa al volumen global del embarque (120 toneladas repartidas en 5 contenedores reefer).

Tabla 7

Estimación de costos, tiempos y emisiones para la ruta aérea

Concepto	Valor	Fuente / Metodología
Tiempo total de tránsito	24 h	Terrestre Cayambe–UIO (2 h) + espera aeropuerto (4–6 h) + vuelo UIO–JFK (5–6 h) + despacho JFK (4–6 h)
Costo estimado	\$432.000–576.000	Rango de mercado: USD 3,60–4,80/kg × 120.000 kg (Freightos, 2025)
Costo por tonelada	\$3.600–4.800	Tarifas referencia perecederos ruta UIO–JFK (Freightos, 2025)
Huella carbono aérea	348,55 ton CO ₂	Factor DESNZ: 0,643 kg CO ₂ /ton·km (DESNZ, 2024)
Huella carbono marítima	8,63 ton CO ₂ e	Factor DESNZ: 0,016 kg CO ₂ e/ton·km (DESNZ, 2024)

Nota: Los costos son estimaciones basadas en rangos de mercado spot. Las tarifas reales deben confirmarse con operadores certificados.

Fuente: elaboración propia.

Sostenibilidad y compensación de carbono

La Tabla 8 presenta la comparación de huella de carbono entre los modos aéreo y marítimo, calculada con los factores de emisión oficiales del DESNZ/DEFRA 2024 (DESNZ, 2024). La conversión a número de árboles necesarios para compensación se basa en la tasa promedio de absorción de CO₂ por árbol

en regiones tropicales, estimada entre 20 y 25 kg CO₂/árbol/año según estudios compilados por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA Forest Service, 2024) y consistentes con las directrices del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en zonas tropicales (IPCC, 2022).

Tabla 8

Árboles calculados a razón de 22,6 kg CO₂/árbol/año (promedio tropical) (USDA Forest Service, 2024)

Modo	Distancia	Emisiones (ton CO ₂)	Árboles	Factor de emisión (fuente)
Aéreo (recomendado)	4.560 km	348,55	15.380	0,643 kg CO ₂ /t-km – DESNZ/DEFRA 2024
Marítimo (alternativa)	4.500 km	8,63	381	0,016 kg CO ₂ e/t-km – DESNZ/DEFRA 2024

Fuente: elaboración propia.

El costo de compensación se estima en la Tabla 9.

A diferencia de productos como el camarón donde el costo de compensación representa menos del 1 % del valor de la carga debido al menor impacto ambiental del transporte marítimo, en la exportación de flores el costo de compensación por plantación directa asciende al 8,01 % del valor comercial. No obstante, existen tres estrategias viables para gestionar este impacto:

(a) absorción parcial por parte del exportador como componente de su estrategia de responsabilidad social empresarial (RSE), posicionando sus flores como “carbono neutrales” ante compradores estadounidenses que valoran la sostenibilidad (McKinnon et al., 2015); (b) traslado al comprador mediante un “recargo verde” del 7–8 % sobre el precio FOB, práctica cada vez más aceptada en mercados como el europeo y el norteamericano; o (c) adquisición de bonos de carbono verificados bajo estándares Gold Standard o Verra VCS, que reduce el costo de compensación a USD 2–5 por tonelada de CO₂, equivalente a USD 697–1.743 (menos del 0,2 % del valor de la carga) (McKinnon et al., 2015).

Tabla 9

Costo estimado de compensación de carbono para el exportador de flores

Concepto	Valor	Fuente / Metodología
Árboles necesarios	15.380	22,6 kg CO ₂ /árbol/año (USDA Forest Service, 2024)
Costo por árbol (estimado)	USD 5	Promedio programas de reforestación tropical (Broekhoff et al., 2019)
Costo total de compensación	USD 76.900	15.380 árboles × USD 5/árbol
Valor estimado de la carga	USD 960.000	120 ton × USD 8.000/ton (FOB promedio)
Compensación cómo % del valor	8,01 %	Mayor que para productos no perecederos

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Resumen de la recomendación generada

El agente generó la recomendación estructurada que se resume en la Tabla 10. El tiempo de análisis fue de 53,4 segundos, utilizando el modelo NVIDIA Llama-3.3-70B con 2.190 tokens.

Tabla 10

Resumen de la recomendación generada por el agente de IA

Componente	Valor generado
Modo de transporte	Aéreo
Aeropuerto de salida	Mariscal Sucre (UIO), Quito
Tiempo de tránsito	2–3 días
Incoterm	CIF (Cost, Insurance and Freight)
Costo estimado (USD)	\$432.000–\$576.000
Nivel de urgencia	Alto
Huella de carbono aérea	348,55 ton CO ₂ (corregido DEFRA)
Huella de carbono marítima	8,63 ton CO ₂ e (corregido DEFRA)
Scores	Eficiencia: 90, Costo: 60, Velocidad: 95, Sostenibilidad: 40

La Figura 2 muestra la interfaz de resultados generada por el agente, incluyendo la recomendación del modo aéreo, las condiciones climáticas en tiempo real (origen: $-3,3^{\circ}\text{C}$, niebla con alerta meteorológica; destino: $13,6^{\circ}\text{C}$, despejado), los datos de la ruta terrestre (80 km, 2,9 h) y los indicadores de urgencia.

Figura 2

Resultado del Agente de IA



Nota: recomendación de transporte aéreo con tiempo de tránsito de 2–3 días, Incoterm CIF, costo estimado de \$432.000–\$576.000 USD, condiciones climáticas en tiempo real ($-3,3^{\circ}\text{C}$ en origen con alerta meteorológica, $13,6^{\circ}\text{C}$ en destino), estadísticas de ruta (80 km al aeropuerto, 2.595 nm de vuelo) y huella de carbono de 288,368 t CO₂.

Fuente: elaboración propia.

Paso 1: Parámetros logísticos (Incoterm y hub de salida)

En el formulario de configuración, el usuario delega explícitamente la decisión mediante el parámetro «IA Decide (Mejor Opción)». El sistema procede a evaluar las alternativas lógicas e identifica qué infraestructuras de exportación masiva como el Puerto de Guayaquil son inviables para mercancía de alta urgencia. Se determina de manera autónoma el Aeropuerto de Quito como punto de embarque óptimo. La justificación generada en el Paso 1 fue la siguiente:

“El Aeropuerto Mariscal Sucre (UIO) en Quito es el hub de salida más adecuado debido a su proximidad a Cayambe y su capacidad para manejar carga aérea refrigerada.” La Tabla 11 contrasta la idoneidad aeroportuaria frente a una infraestructura portuaria convencional.

Tabla 11

Contraste de infraestructuras: Aeropuerto de Quito frente a infraestructuras marítimas (ej. Puerto de Guayaquil)

Factor	Aeropuerto UIO (Quito)	Puerto de Guayaquil
Distancia desde Cayambe	~60 km (1,5–2 h)	~350 km (6–7 h)
Tipo de transporte	Aéreo (5–6 h a Nueva York)	Marítimo (mín. 5 días)
Tiempo total estimado	24 horas	5+ días
Viabilidad para flores	Alta	× Nula

Fuente: elaboración propia.

Esta capacidad de escrutinio logístico autónomo reviste particular importancia, pues evita que un exportador novato elija rutas marítimas destructivas para el producto. En la práctica, el agente funciona como un mecanismo de salvaguarda comercial que blindo al usuario frente a decisiones que destruirían el valor íntegro de su carga.

Además de seleccionar el hub correcto, el agente recomendó el Incoterm CIF en lugar de CPT o FOB (Ramberg, 2011). Bajo CIF (Cost, Insurance and Freight), el exportador asume la responsabilidad del costo del transporte y del seguro hasta el punto de destino convenido, lo que resulta ventajoso para flores frescas cuyo valor comercial exige una cobertura de seguro integral durante el tránsito. Las razones fundamentales se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12

Justificación del Incoterm CIF para flores por vía aérea

Factor	Por qué CIF es adecuado	Por qué CPT/FOB serían menos adecuados
Cobertura de seguro	CIF obliga al vendedor a contratar seguro mínimo ICC-C, protegiendo flores de alto valor durante el vuelo UIO–JFK.	CPT no incluye seguro; el comprador podría no contratarlo, dejando la carga expuesta
Control del exportador	El exportador ecuatoriano gestiona transporte y seguro hasta Nueva York, manteniendo control total de la cadena de frío.	Bajo FOB, el comprador organiza el flete desde Quito, perdiendo control sobre la manipulación.
Relación comercial	CIF es el término más utilizado en comercio internacional de perecederos por vía aérea, generando confianza con importadores de EE. UU.	FOB sería inapropiado: el comprador debería coordinar un flete aéreo internacional desde Ecuador

Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 presenta los Pasos 1 y 2 del panel de resultados del agente, evidenciando estas recomendaciones paramétricas.

Paso 2: Riesgos detectados y recomendaciones operativas

En su segundo paso, el agente identificó dos riesgos principales en la cadena logística, detallados en la Tabla 13.

Tabla 13

Riesgos detectados y recomendaciones operativas del agente

Riesgo	Impacto	Prob.	Recomendación	Costo estimado.
Demoras en tráfico aéreo	Marchitamiento si >30–36 h	Media	Contenedores refrigerados especiales; seguimiento constante	USD 500–1.000 por cont.
Problemas de temperatura y humedad	Ruptura de la cadena de frío	Media	Contratar seguro especializado para perecederos	Prima 1–2 %

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, se sugieren las siguientes recomendaciones complementarias no incluidas por el agente:

Aerolíneas con capacidad para perecederos: LATAM Cargo, American Airlines Cargo y Delta Cargo operan servicios especializados de cadena de frío en la ruta Ecuador–EE. UU. Se recomienda verificar que el operador seleccionado cuente con certificación IATA CEIV Fresh o, en su defecto, con protocolos documentados de manejo de perecederos conforme a las IATA Perishable Cargo Regulations (PCR) (IATA, 2025).

Franjas horarias en JFK: Llegar en horarios de baja actividad (madrugada) para reducir tiempos de espera en bodega.

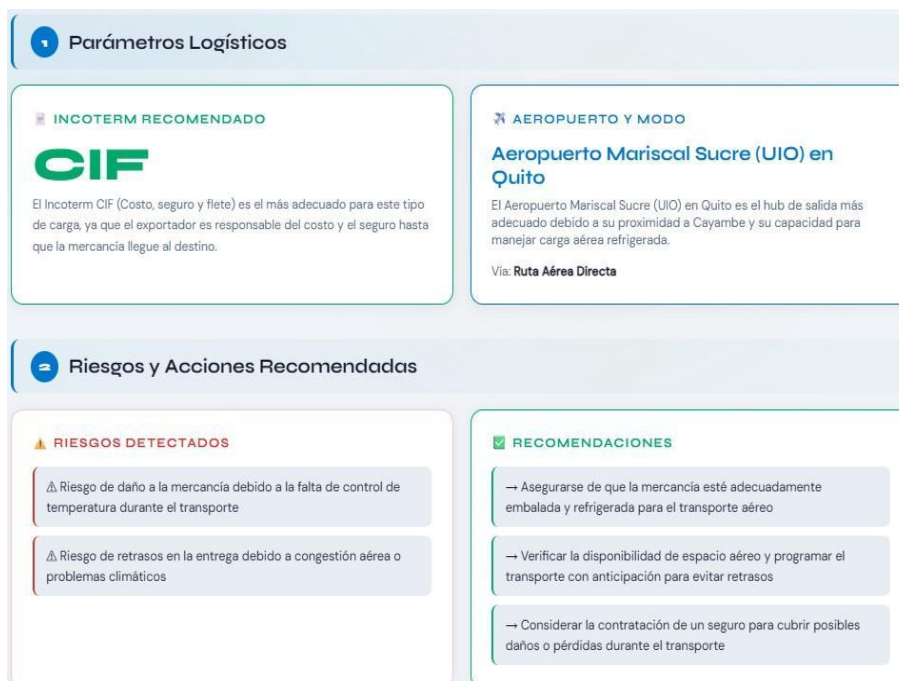
Agente de aduanas especializado: El despacho de flores en EE. UU. requiere documentación fitosanitaria APHIS (USDA APHIS, 2025); un agente especializado puede acelerar el proceso (\$300–500 por envío).

Paso 3: Documentación y aranceles

El Paso 3 (Figura 4) clasifica de forma automática la mercancía (0603.10.00.00) y desgrana la documentación exigida. La Tabla 14 presenta los documentos listados por el agente y los documentos adicionales identificados por los autores. Se incluye, además, la entidad emisora o reguladora correspondiente y las certificaciones asociadas cuando se aplica.

Figura 3

Pasos 1 y 2 del reporte del Agente de IA



Nota: Incoterm CIF recomendado con justificación, selección del Aeropuerto Mariscal Sucre (UIO) como hub de salida, riesgos detectados (daño por falta de control de temperatura, retrasos por congestión aérea) y recomendaciones operativas (embalaje refrigerado, verificación de disponibilidad de espacio, contratación de seguro).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14

Documentos requeridos para la exportación de flores hacia EE. UU.

Documento	Agente	Entidad	Función y observación
Factura comercial	✓	Exportador	Base para valor en aduana. Incluir valor FOB, descripción y partida arancelaria HS 0603.
Certificado de origen	✓	MIPRO	Preferencias arancelarias. Utilidad limitada (arancel 0 %); recomendable para trazabilidad.
Permiso de exportación	✓	MAG	Autorización obligatoria para flores cortadas.
Certificado Fitosanitario (CFE)	✓	AGROCALIDAD	Obligatorio para EE.UU. Tramitar vía sistema GUIA con 48 h de anticipación.
Lista de empaque	✓	EXPORTADOR	Especificar variedad, tallos por caja y temperatura. Necesaria para despacho en JFK.
Guía aérea (AWB)	✓	Aerolínea	Contrato de transporte aéreo. Incluye condiciones de carga y datos del consignatario.
DAE	✓	SENAE	Declaración Aduanera de Exportación. Se tramita vía VUE.

Nota: ✓ = incluido por el agente; × = omitido (adición de los autores). El agente superó con alto nivel de precisión la exigencia documental.

Fuente: elaboración propia.

La deducción precisa del Certificado Fitosanitario de Exportación (CFE), la Declaración Aduanera (DAE) y la Lista de Empaque representa uno de los mayores aciertos del agente. Para el mercado estadounidense, los inspectores de APHIS/USDA denegarían la entrada de las flores sin el CFE (USDA APHIS, 2025). El hecho de que el Agente IA alerte autónomamente al exportador sobre este requerimiento de AGROCALIDAD demuestra que su inteligencia de mercado sobrepasa la simple logística, alcanzando el nivel de validación de normativas transfronterizas vitales para la protección de la carga (AGROCALIDAD, 2025).

Figura 4

Paso 3 del reporte: documentación y aranceles



Nota: Se muestra la clasificación aduanera (0603.10.00.00, flores frescas, perecedera), los documentos de exportación requeridos por Ecuador (Registro de Exportador, DAE, Certificado Fitosanitario, Factura Comercial, Packing List) y los documentos de importación requeridos en destino (DAI, Certificado de Origen, Factura Comercial, Packing List).

Fuente: elaboración propia.

Pasos 4 y 5: Sostenibilidad, Scores de la Ruta y Alternativas

El Paso 4 se encarga de analizar la viabilidad ambiental frente a la pertinencia comercial de la ruta (Figura 5). El cálculo detallado de la huella aérea se presenta en la Tabla 15, utilizando los factores de emisión oficiales del DESNZ/DEFRA 2024 (DESNZ, 2024).

Tabla 15

Cálculo detallado de la huella de carbono de la ruta aérea

Componente	Dist. (km)	Peso (ton)	Emisiones (kg CO2)	Factor aplicado
Vuelo UIO–JFK	4.500	120	347.364	0,643 kg/t-km [2]
Terrestre Cayambe–UIO	60	120	1.190	0,16552 kg/t-km [2]
Total	4.560	120	348.554	—

Nota: Factores: DESNZ/DEFRA 2024. Aéreo: avión de carga larga distancia; terrestre: camión rígido refrigerado >17 ton.

Fuente: elaboración propia.

En su cálculo original, el agente arrojó un total de 288,37 ton CO2, al emplear un coeficiente interno. Los autores realizaron un recálculo con el coeficiente DESNZ/DEFRA 2024. En cuanto a las implicaciones comerciales, los importadores exigen certificaciones verdes, lo cual fomenta la compensación de carbono.

La Tabla 16 presenta los puntajes asignados por el agente y su evaluación comercial.

Tabla 16

Scores de la ruta aérea recomendada

Criterio	Puntaje	Evaluación comercial
Eficiencia	90/100	Combinación terrestre + aéreo óptima para flores
Costo	60/100	Alto (USD 3.600–4.800/ton) pero inevitable para flores
Velocidad	95/100	24 h es excelente para perecederos
Sostenibilidad	40/100	Huella alta, pero compensable con bonos de carbono

Fuente: elaboración propia.

El score de sostenibilidad de 40/100 evidencia la tensión inherente entre viabilidad comercial e impacto ambiental en la exportación de flores. Este puntaje bajo refleja la capacidad del agente para reconocer que el transporte aéreo genera emisiones significativamente superiores (348,55 ton CO₂ frente a 8,63 ton CO₂e del modo marítimo), pero que, dada la naturaleza perecedera del producto, constituye la única alternativa que preserva el valor comercial de la carga. Como argumentan McKinnon et al. (2015), esta paradoja logística es una decisión comercial racional: resulta preferible transportar flores por vía aérea asumiendo una huella de carbono elevada y compensándola mediante mecanismos certificados que renunciar a la exportación. Para mejorar este indicador, se recomienda: (i) seleccionar aerolíneas con certificación IATA CEIV Fresh que demuestren mayor eficiencia en el uso de combustible (IATA, 2025); (ii) adquirir bonos de carbono certificados Gold Standard o Verra VCS, cuyo costo (USD 2–5/ton CO₂) representa menos del 0,2 % del valor de la carga (Broekhoff et al., 2019); y (iii) implementar programas de ponderación dinámica en el agente que ajusten el peso relativo de la sostenibilidad según la urgencia del envío.

Figura 5

Pasos 4 y 5 del reporte: indicadores de sostenibilidad (CO₂ aéreo vs. marítimo), scores de la ruta y alternativa evaluada (transporte marítimo con transbordo en Miami)



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Del examen del caso de simulación florícola Cayambe–Nueva York se desprenden las siguientes conclusiones principales que validan la rotunda eficacia del agente:

Elegir un centro logístico más cercano (a 80 km en vez de uno a 350 km) muestra que el sistema piensa como un experto, buscando la opción más eficiente y conveniente.

El Agente de IA demuestra ser un instrumento fiable y funcional para la planificación de rutas logísticas de mercancías perecederas de máxima fragilidad. En menos de 60 segundos procesa un conjunto de variables climatológicas, geográficas, de emisiones y regulatorias, cuya recopilación manual demandaría horas a un operador especializado.

La selección precisa y autónoma de infraestructuras logísticas al determinar el Aeropuerto de Quito basado en el parámetro «IA Decide», descartando infraestructuras marítimas, lo convierte en un mecanismo de protección comercial que mitiga el riesgo de decisiones potencialmente destructivas por parte de exportadores noveles.

La prescripción contextualizada del Incoterm (CIF frente a CPT o FOB) evidencia que el sistema trasciende el adecuado cómputo de distancias y comprende la dinámica de asignación de riesgos inherente al comercio aéreo de perecederos.

El cálculo del impacto ambiental y las vías de compensación ajustado por los autores con los coeficientes DESNZ/DEFRA 2024 ofrece al exportador florícola la posibilidad de adecuarse a los requisitos de sostenibilidad que impone el mercado estadounidense, bien mediante reforestación directa (USD 76.900, equivalente al 8,01 % del valor de la carga) o bien a través de créditos de carbono certificados Gold Standard/Verra VCS (USD 697–1.743, inferior al 0,2 % del valor).

La exactitud regulatoria demostrada por la herramienta al compilar con precisión exigencias documentales críticas como el Certificado Fitosanitario de Exportación y la DAE sienta una base sólida para el desarrollo de futuras herramientas de inteligencia comercial orientadas al sector florícola ecuatoriano.

RECOMENDACIONES

A los operadores del sector que contemplen incorporar este agente en sus despachos regulares hacia Estados Unidos se les formulan las siguientes recomendaciones:

Utilizar el costo estimado como referencia: Contactar al menos tres aerolíneas de carga (American Airlines Cargo, Delta Cargo, LATAM Cargo) para validar los rangos de precio.

Implementar compensación de huella de carbono mediante bonos: Adquirir bonos de carbono certificados Gold Standard o Verra VCS reduce el costo de compensación de USD 76.900 (plantación directa) a USD 697–1.743 (menos del 0,2 % del valor de la carga).

Contratar seguro especializado para flores: La prima del 1–2 % del valor de la carga (USD 9.600–19.200) es una inversión necesaria para cubrir riesgos de temperatura y humedad durante el vuelo.

Seleccionar aerolíneas con certificación IATA CEIV Fresh: Priorizar operadores con la certificación del Centro de Excelencia para Validadores Independientes en carga perecedera (CEIV Fresh), que garantiza protocolos estandarizados de manejo de temperatura, manipulación y trazabilidad. Verificar adicionalmente el cumplimiento de las IATA Perishable Cargo Regulations (PCR).

Tramitar el Certificado Fitosanitario de Exportación (CFE): Registrarse en el sistema GUIA de AGROCALIDAD y solicitar la inspección fitosanitaria con al menos 48 horas de anticipación a la salida del envío. Sin este documento, las flores serán rechazadas en el puerto de entrada por APHIS/USDA.

REFERENCIAS

A. McKinnon, M. Browne, A. Whiteing, and M. Piecyk, *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. Londres: Kogan Page, 3rd ed., 2015.

Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD), "Información para la exportación de ornamentales (flores cortadas) y manual de certificación fitosanitaria para exportación (actualizado junio 2024)." [En línea], 2025. Disponible: <https://www.agrocalidad.gob.ec/informacion-para-la-exportacion-de-ornamentales/> y Manual completo: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2024/07/Resolucio%CC%81n-0175-Manual-de-Certificacio%CC%81n-Fitosanitaria-actualizado-jun-2024.pdf>.

Asociación de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador (Expoflores), "Informe anual de exportaciones de flores 2023–2024 y recursos estadísticos." [En línea], 2025. Disponible: <https://www.expoflores.com/recursos> (PDF 2023: https://www.expoflores.com/_files/ugd/d0e607_381a5c2dc8b649feb67c3d9f74497e3e.pdf).

Banco Central del Ecuador, "Balanza comercial por productos – exportaciones no petroleras 2023–2024." [En línea], 2025. Disponible: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/balanzaComercial/ebc202502.pdf> y series actualizadas en <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/indicadores/externo/BalanzaComercialNoPetrolera.html>.

D. Broekhoff, M. Gillenwater, T. Colbert-Sangree, and P. Cage, "Securing climate benefit: A guide to using carbon offsets," working paper 2019-03, Stockholm Environment Institute and Greenhouse Gas Management Institute, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.sei.org/publications/carbon-offset-guide/>.

Freightos, "Air freight rates and market data – perishable cargo." [En línea], 2025. Plataforma de cotización de fletes aéreos en tiempo real. Rangos de referencia para perecederos ruta Ecuador–EE.UU.: USD 3,60–4,80/kg (sujeto a estacionalidad). Disponible: <https://www.freightos.com/freight-tools/air-freight-rate/>.

H. Touvron et al., "Llama 2: Open foundation and fine-tuned chat models," arXiv preprint, 2023. arXiv:2307.09288. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/abs/2307.09288>. Nota: el artículo utiliza Llama 3.3-70B; esta es la cita original de la familia Llama.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Climate change 2022: Mitigation of climate change – contribution of working group III to the sixth assessment report," tech. rep., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2022.

International Air Transport Association (IATA), *Perishable Cargo Regulations (PCR)*. Montreal: IATA, 2025. Ediciones 2023–2025. [En línea]. Disponible: <https://www.iata.org/en/publications/manuals/perishable-cargo-regulations/>.

International Chamber of Commerce (ICC), *Incoterms® 2020: ICC Rules for the Use of Domestic and International Trade Terms*. París: ICC Publication No. 723E, 2019. Edición oficial 2020. [En línea]. Disponible: <https://iccwbo.org/business-solutions/incoterms-rules/incoterms-2020/>.

J. Ramberg, *ICC Guide to Incoterms® 2010: Understanding and Practical Use*. París: ICC Publication No. 720E, 2011.

J.-P. Rodrigue, *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 6th ed., 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.routledge.com/The-Geography-of-Transport-Systems/Rodrigue/p/book/9781032380407>.

M. S. Reid, "Handling of cut flowers for air transport." University of California, Davis. [En línea], 2009. Disponible: <https://postharvest.ucdavis.edu/publication/handling-cut-flowers-air-transport>.

M. S. Reid, "Handling of cut flowers for air transport." University of California, Davis. [En línea], 2009. Disponible: <https://postharvest.ucdavis.edu/publication/handling-cut-flowers-air-transport>. Dato referenciado: flores cortadas no sobreviven más de 2–3 días en tránsito sin pérdida significativa de calidad comercial.

M. S. Reid and C.-Z. Jiang, "Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants," *Horticultural Reviews*, vol. 40, pp. 1–54, 2012.

N. Tsolakis, D. Zissis, S. Papaefthimiou, and N. Korfiatis, "Artificial intelligence and blockchain implementation in supply chains: A pathway to sustainability and data monetization," *Annals of Operations Research*, vol. 327, pp. 157–210, 2023.

OpenStreetMap Foundation, "Openstreetmap: The free wiki world map." [En línea], 2025. Disponible: <https://www.openstreetmap.org>.

P. Zippenfenig, "Open-meteo – free weather API." [En línea], 2023. Disponible: <https://open-meteo.com>.


ProEcuador – Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, "Sector flores y plantas y monitoreo de exportaciones 2024–2025." [En línea], 2024. Disponible: <https://www.proecuador.gob.ec/category/sector/flores-y-plantas/> y monitoreo enero 2025: <https://www.proecuador.gob.ec/monitoreo-de-exportaciones-enero-2025/>.

Smart Freight Centre, "Global logistics emissions council (GLEC) framework for logistics emissions accounting and reporting, version 3.0," tech. rep., Smart Freight Centre, Ámsterdam, 2023. Alineado con ISO 14083:2023. [En línea]. Disponible: <https://www.smartfreightcentre.org/en/our-programs/global-logistics-emissions-council/glec-framework/>.

UK Department for Energy Security and Net Zero (DESNZ), "Greenhouse gas reporting: Conversion factors 2024." [En línea], 2024. Factores de conversión oficiales para la contabilidad corporativa de GEI. Transporte aéreo de carga (larga distancia): 0,64327 kg CO₂/ton·km; buque portacontenedores promedio: 0,01592 kg CO₂e/ton·km. Disponible: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2024>.

USDA – Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), "Cut flowers and greenery import requirements (manuales y acir)." [En línea], 2025. Disponible: <https://www.aphis.usda.gov/trade-management-manuals> y herramienta ACIR: <https://acir.aphis.usda.gov/s/>.

USDA Forest Service, "Urban forests and climate change – carbon sequestration by trees." [En línea], 2024. Tasa promedio de absorción en regiones tropicales: 20–25 kg CO₂/árbol/año (valor medio utilizado: 22,6 kg). Disponible: <https://www.fs.usda.gov/ccrc/topics/urban-forests>.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .