

**ESTUDIO DE CASO: IMPLEMENTACIÓN DE LA AVIACIÓN AGRÍCOLA EN  
COLOMBIA CON LA TECNOLOGÍA DE EMBRAER**

**JULIÁN ESTIBEN GARCÍA ZAPATA  
CC 1045050895**

**ESTUDIO DE CASO MISIÓN ACADÉMICA BRAZIL 2024**

**DIRECTOR DE OPCIÓN DE GRADO:**

**ALEXANDER BALZAN**

**POLITECNICO GRANCOLOMBIANO**

**FACULTAD DE NEGOCIOS, GESTIÓN Y SOSTENIBILIDAD**

**MEDELLIN**

**28 JUNIO 2024**

## Tabla de contenidos

Introducción .....	3
Objetivos:.....	5
Pregunta de Investigación:.....	5
Metodología .....	6
Desarrollo del Estudio de Caso: .....	6
Recolección de Datos: .....	6
Análisis de Datos .....	7
Contenido de prensa: .....	7
Productividad: .....	8
Costos Operativos: .....	9
Impactos Ambientales:.....	10
Impactos Económicos: .....	12
Evaluación de Hipótesis: .....	13
Resultados.....	13
Ventajas de la Aviación Agrícola con EMBRAER: .....	13
Desventajas y Limitaciones: .....	14
Hallazgos de la investigación:.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Conclusiones .....	16
Referencias.....	16

## Introducción

La agricultura es un sector clave en la economía de Colombia, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB), esto genera un impulso significativo a la hora de decidir tocar un tema como el sector agrícola y contribuir con una propuesta de mejora en el campo, un dato relevante para el estudio de caso es el valor agregado que tiene la agricultura, la ganadería, la caza, la silvicultura y la pesca en Colombia ya que en el 2024 se reportó una tasa de crecimiento anual 1,8%, ubicándose 1,2 puntos porcentuales por encima del PIB nacional. (MinAgricultura, 2024). Este dato nos muestra un entorno positivo ya que contribuye al crecimiento y el desarrollo rural generando empleo para una gran parte de la población colombiana. No obstante, se debe tener en cuenta que la productividad y eficiencia agrícola en Colombia se ven afectadas por diversos factores como la topografía accidentada, la variabilidad climática y la limitada adopción de tecnologías avanzadas (principal problemática para abordar un tema tan amplio como la aviación agrícola en Colombia). Teniendo en cuenta el contexto antes mencionado se menciona la aviación agrícola como una solución innovadora para abordar estos desafíos. Este estudio se centra en evaluar la viabilidad y beneficios de implementar la tecnología de aviación agrícola de Embraer, específicamente el Ipanema EMB 203, en el sector agrícola colombiano.

En este estudio de caso se presenta la aviación agrícola como una solución innovadora y eficaz para el mercado colombiano debido a las ventajas de competitividad que proporciona un avión a la hora del manejo en fincas de más de 2000 hectáreas de productividad, con esta tecnología se puede lograr la aplicación precisa y uniforme de insumos agrícolas como fertilizantes, pesticidas y herbicidas, lo cual puede transformar la manera en que se manejan los cultivos en grandes extensiones de terreno. En los últimos años la tecnología de aviación agrícola ha demostrado ser efectiva en diversos contextos internacionales, especialmente en Brasil, donde los campos de cultivos ofrecen una ventaja competitiva a nivel mundial por su extensión territorial y es allí donde la empresa EMBRAER ha desarrollado suficiente tecnología para optimizar factores como el tiempo,

el riesgo, y la efectividad a la hora de enfrentar problemáticas como los costos de producción a gran escala. El siguiente estudio de caso se plantea como un análisis sobre la implementación del avión Ipanema EMB 203 que es conocido como un líder en seguridad, confiabilidad y robustez, ofreciendo una alta performance y máxima productividad en el campo.

## Objetivos:

### General:

- Evaluar la viabilidad, beneficios y potencial impacto del uso de la aviación agrícola con tecnología de EMBRAER en Colombia.

### Específicos:

- Examinar las ventajas de la tecnología de aviación agrícola de EMBRAER en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y aumento de la productividad agrícola.
- Estudiar las desventajas y limitaciones de esta tecnología en el contexto colombiano, incluyendo aspectos económicos, técnicos y ambientales.
- Comparar las variables que intervienen en el uso de tractores de cultivo y el uso de la tecnología aérea de EMBRAER.

### Pregunta de Investigación:

¿Cómo puede la implementación de la aviación agrícola, utilizando la tecnología del Ipanema EMB 203 de Embraer, mejorar la productividad y sostenibilidad de la agricultura en Colombia?

# Metodología

Desarrollo del Estudio de Caso:

Recolección de Datos:

Se utiliza como principal fuente de investigación la misión académica celebrada en el mes de mayo a Brasil por estudiantes del Politécnico Grancolombiano de Colombia, alimentada con información proporcionada por expertos en aviación agrícola, empleados de EMBRAER, esta visita impulsó significativamente a la decisión del tema para el estudio de caso ya que la empresa nos brindó la posibilidad de un acercamiento a sus plantas de producción, además de la resolución de todo tipo de dudas planteadas por el grupo de estudio. Posteriormente se describen las fuentes secundarias a las cuales se acudieron para la investigación:

- Revisiones de fuentes oficiales directamente proporcionadas por internet con información científica y técnica sobre aeronaves y maquinaria agrícola, estas guiadas por expertos en las empresas que brindaron cotizaciones y fichas técnicas reales de los sujetos de estudio (maquinaria y aeronave).
- Datos y reportes proporcionados por EMBRAER y estudios académicos de la UNESP.
- Análisis en tabla sobre contenido de prensa relacionado directamente con la aeronave Ipanema EMB 203

## Análisis de Datos

Contenido de prensa:

Tabla 1

Palabras de la búsqueda	Fuente	País	Titular	Inclinación	Comentarios textuales	Observaciones
Ipanema EMB 203 embraer	AviacionLine	Argentina	Embraer entregó la unidad 1600 de su exitoso aeroplacador EMB-203 Ipanema	Positiva	Embraer entregó la unidad número 1600 de su aeroplacador EMB-203 Ipanema, destacando un aumento del 18% en ventas durante 2023 y una mejora en su equipamiento en 2020 para satisfacer el mercado agropecuario de Brasil.	Esta noticia subraya la importancia del EMB-203 en la agricultura brasileña, demostrando cómo la innovación y la eficiencia en el diseño pueden impulsar la sostenibilidad y productividad en el sector rural.
Ipanema EMB 203 embraer	Hisaviacion	España	Koppert utilizará el avión Ipanema de Embraer para certificar aplicaciones aéreas de métodos de biocontrol en Brasil	Positiva	Koppert utilizará el avión EMB-203 Ipanema de Embraer para certificar la primera metodología de aplicación aérea de agentes de biocontrol en Brasil, buscando promover la sostenibilidad en la agroindustria a través de pruebas técnicas y colaboración durante la Agrishow 2024.	Esta colaboración marca un avance significativo hacia la sostenibilidad en la agricultura brasileña, demostrando cómo la integración de biocontrol y tecnología aérea puede mejorar la eficiencia y la seguridad ambiental en el sector agropecuario.
Ipanema EMB 203 embraer	Aerotendencias	Sin país	Embraer pone en vuelo un EMB-203 Ipanema como demostrador tecnológico con motor eléctrico	Positiva	Embraer ha puesto en vuelo un EMB-203 Ipanema con motor eléctrico como demostrador tecnológico para evaluar la propulsión aeronáutica 100% eléctrica y sostenible, como parte de su esfuerzo hacia un futuro con cero emisiones netas de carbono.	Este avance subraya el compromiso de Embraer con la innovación y la sostenibilidad, destacando la importancia de la electrificación en la aviación y su potencial para reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector aeronáutico.
Ipanema EMB 203 embraer	Actualidad Aeroespacial	España	Embraer vendió en febrero 2021 19 aviones agrícolas Ipanema	Positiva	En febrero de 2021, Embraer vendió 19 aviones agrícolas EMB-203 Ipanema, sumando 27 unidades en los dos primeros meses del año, un 8% más que en todo el año anterior. Las altas ventas reflejan la robustez de la agroindustria brasileña y las innovaciones tecnológicas del Ipanema.	Las cifras de ventas demuestran la efectividad de las mejoras tecnológicas del EMB-203 Ipanema y su importancia en la agricultura de precisión, subrayando cómo la innovación continua puede satisfacer las crecientes demandas del mercado agropecuario brasileño.

Contenido de prensa organizado en forma de tabla, elaboración propia.

Fuentes: (AviacionLine, 2024) , (Hisaviación, 2024) , (Aerotendencias, 2021) , (Aeroespacial, 2021).

El anterior análisis consta con información directamente relacionada al impacto en la prensa aeronáutica que ha causado la empresa EMBRAER con su modelo de avión Ipanema EMB 203, con este análisis evidenciamos que la inclinación de la prensa es positiva en los medios internacionales y que es un avión que además de cumplir las expectativas de los clientes también cumple con los requerimientos que denota la comunicación en medios internacionales para la difusión de información, en este caso de forma positiva.

### Productividad:

Los métodos de manejo de cultivos terrestres, como el uso de tractores y pulverizadores autopropulsados manejados en Colombia presentan una capacidad limitada de cobertura que oscila entre 10 y 20 hectáreas por hora (tractores, S.F), este es el método más utilizado en las granjas productoras de Colombia, ahora bien, este valor puede variar significativamente según la topografía del terreno, las condiciones del suelo y la eficiencia operativa del equipo, pero es un promedio que se puede tomar como base a la hora de comparar dos métodos totalmente distintos como es la aviación agrícola y la agricultura terrestre. Mencionado esto, se puede dar como ejemplo un tractor de tamaño pequeño-mediano que cuenta solo con una capacidad operativa que oscila entre 2 y 5 hectáreas por hora, este dato nos da una imagen de la poca eficiencia que se tiene con los métodos terrestres cuando evaluamos el óptimo manejo de una finca de gran tamaño, ahora, el uso de los mismos en terrenos irregulares o bajo condiciones climáticas adversas dificulta aún más su rendimiento, en Colombia, tenemos esta problemática en muchos departamentos como por ejemplo departamentos como la Guajira y el Magdalena que comúnmente son afectados por oleadas de calor y por el poco alcance productivo de sus terrenos fértiles, en este tipo de lugares la eficiencia de estos métodos puede verse considerablemente reducida, y afecta directamente la efectividad de la aplicación de agroquímicos y demás productos necesarios a la hora de cultivar. Además, la pulverización terrestre suele requerir una mayor inversión en términos de tiempo y recursos humanos, lo que incrementa los costos operativos y puede resultar en una menor productividad general.

Por otro lado, la aviación agrícola, particularmente con el uso de aeronaves como el Ipanema EMB 203 de EMBRAER, ofrece una capacidad de cobertura mucho mayor,



alcanzando hasta 200 hectáreas por hora. Esta alta productividad se debe a la velocidad de operación de la aeronave, que oscila alrededor de los 200 km/h, y su capacidad para superar las limitaciones topográficas y de suelo que enfrentan los métodos terrestres. La aviación agrícola permite una aplicación más uniforme y precisa, incluso en terrenos difíciles y en condiciones post-lluvia, cuando se analiza el mercado colombiano se encuentra que los principales competidores a esta modalidad están ubicados en el departamento del meta (principalmente en Villavicencio) y en la ciudad capital con empresas como: Aerotec Ltda. aspersiones técnicas del campo, Lan peru s.a. sucursal colombia, Delta air lines inc. sucursal de Colombia, Avial Ltda. Aplicaciones aero-agricolas, estos solo por mencionar casos conocidos, teniendo en cuenta que solo 56 empresas hasta el 2015 (último dato encontrado por la Aerocivil) funcionaban en Colombia en este campo, esto muestra como empresas pueden presentar un alto potencial en los mercados, esto es una buena noticia para el referente, EMBRAER, a la hora de llegar al mercado Colombiano con aeronaves con esta capacidad de alcance (AEROCIVIL, 2015); la utilización de esta aeronave se espera que optimice el uso de insumos y mejoraría los rendimientos de los cultivos.

#### Costos Operativos:

Los métodos tradicionales de pulverización terrestre implican costos significativos a la hora de evaluar la rentabilidad en una finca, estos costos están principalmente relacionados con el combustible, el mantenimiento de los tractores y pulverizadores, y la mano de obra requerida para operar el equipo. Además, el daño a los cultivos debido al amasamiento, donde aproximadamente el 5% de las plantas pueden ser aplastadas durante la pulverización, afectando un 20% de la producción final (Agriquipo, S.F), con la utilización de esta aeronave se puede reducir por completo esta problemática ya que no se tendría un contacto directo con el cultivo, además, se debe tener en cuenta que esta aeronave no necesita de zonas de pavimento para despegar y/o aterrizar, y las pista de operación no supera los 400 metros según información proporcionada por EMBRAER en la visita a la fábrica, esta problemática de contacto directo representa una pérdida adicional para los agricultores. Este daño a los cultivos se traduce en una pérdida económica considerable, ya que afecta directamente la cantidad de producto final cosechado por hectárea. Estos costos acumulativos pueden hacer

que los manejos terrestres sean menos atractivos, especialmente en grandes extensiones de cultivo donde la eficiencia y la minimización de pérdidas son cruciales.

Por otro lado, la aviación agrícola, especialmente con aeronaves como el Ipanema 203, presenta una reducción significativa en los costos operativos. Un estudio de la UNESP de 2021 destacó que, para áreas de más de 1882 hectáreas de soja y maíz, la sustitución de métodos terrestres por aviación agrícola es financieramente beneficiosa, con una reducción de costos operativos de hasta un 57% (EMBRAER, Por qué aviación agrícola? , S.F). Esta reducción se atribuye a la alta productividad de la aeronave, su eficiencia en el uso de combustible (etanol) y los bajos costos de mantenimiento asociados con el motor de pistón de 320 hp, que es más económico de mantener en comparación con los motores turbo. La capacidad de operar con una menor necesidad de mano de obra y la rapidez en las aplicaciones también contribuyen a esta eficiencia económica, haciendo de la aviación agrícola una opción más rentable para los agricultores, el precio de la aeronave oscila entre 233.000 USD y 247.000 USD una cifra razonable si comparamos con un precio de un tractor en Colombia que tiene un valor de 33.000 USD, ésta última información basada directamente en las fichas técnicas de cada uno de los sujetos a comparar.

### Impactos Ambientales:



La pulverización terrestre con tractores y pulverizadores tienen varios impactos ambientales negativos. Uno de los principales problemas es la forma como se compacta el suelo que es causado por el peso de los equipos. Esta compactación reduce la porosidad del suelo, afectando negativamente su estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes en los terrenos donde se aplica esta tecnología, lo que puede disminuir el crecimiento y rendimiento de las plantas en un futuro lejano. Además, el contacto directo de los equipos con las plantas y el suelo puede propagar enfermedades y plagas, ya que los patógenos pueden ser transportados de una parte del campo a otra, aumentando el riesgo de infecciones y afectando la salud general del cultivo.

Los pulverizadores y los tractores, a pesar de ser esenciales para la aplicación uniforme de productos en diversos cultivos, presentan varios inconvenientes. Primero, el

mantenimiento y limpieza de estas máquinas son muy costosos; y requieren el uso de productos específicos como amoníaco, ácido acético y detergentes, además de hasta 100 litros de agua para eliminar residuos. Segundo, la calidad de la aplicación puede verse comprometida si los equipos no reciben el mantenimiento adecuado, siendo esta una problemática más común ya que en varias fincas se omite este tipo de cuidado para reducir gastos y costos operacionales lo que pone en riesgo tanto al operador como al consumidor (Asgrow, 2018).

En el otro lado de la mano tenemos la aviación agrícola que evita estos problemas ambientales. Al no haber contacto directo con el suelo ni con las plantas, no se produce compactación del suelo ni daño mecánico a los cultivos. Esto preserva la estructura del suelo y mejora su capacidad de retención de agua y nutrientes, promoviendo un entorno más saludable para el crecimiento de las plantas, en el momento de utilizar tecnologías avanzadas de aplicación como la mencionada en aeronaves como el Ipanema 203, incluyendo DGPS y sensores de flujo y altura, se asegura una distribución precisa y uniforme de los agroquímicos, minimizando la contaminación fuera del área objetivo. Esto no solo mejora la eficiencia del uso de insumos, sino que también disminuye el impacto ambiental negativo asociado con la aplicación de agroquímicos.

Tabla 2

Nombre/Modelo	Imagen referencia	Rendimiento	Combustible	Emisiones de NOx	Emisiones CO2	Uso del suelo
Kubota M7040		15 Hectarees/Hora	ACPM	Altas emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), que contribuyen a la formación de smog y lluvia ácida	2,67 kg de CO2 / Litro de ACPM	No requiere uso directo del suelo, pero la extracción de petróleo puede tener efectos negativos en el medio ambiente
Ipanema EMB 203		200 Hectareas/Hora	ETANOL	Emisiones relativamente bajas	0,59 kg de CO2 / Litro de ETANOL	Puede requerir grandes áreas de cultivo para su producción, lo cual puede llevar a la deforestación y pérdida de biodiversidad

Comparación de emisiones según el combustible utilizado, elaboración propia

Fuentes: (Seaboard, 2024), (Michelin, 2024).

Con la anterior tabla evidenciamos que desde el impacto ambiental el principal factor de análisis es el combustible que utiliza cada uno de los objetos de investigación, creando una

imagen positiva del lado de la aeronave ya que la utilización del etanol como medio de combustión es mucho más amigable para el medio ambiente aun requiriendo una mayor utilización del suelo para su producción.

### Impactos Económicos:

Desde una perspectiva económica, los métodos tradicionales de pulverización terrestre implican costos adicionales relacionados con la reparación de daños a las plantas y la replantación. La eficiencia relativamente baja de la aplicación terrestre puede resultar en un desperdicio o posiblemente una manera no correcta de administrar los recursos e insumos agrícolas de la finca, lo que a su vez puede reducir los rendimientos y aumentar los costos de producción. Los costos de mantenimiento y operación de los equipos terrestres también son significativos, incluyendo el costo del combustible, ya que aproximadamente un tractor y/o pulverizador consume un promedio de 9 litros por hora de trabajo (MX, 2017), Y luego de esto teniendo en cuenta que el mantenimiento regular de los tractores y pulverizadores se convierte en algo obligatorio y que no se puede omitir en las fincas.

El incremento en el tamaño y peso de los tractores en las últimas décadas ha tenido un impacto negativo significativo en la economía de los dueños de fincas. Este aumento en el peso de la maquinaria agrícola ha llevado a la compactación del suelo, que reduce su porosidad y capacidad de retención de agua y con este peso de los tractores se influye directamente en el crecimiento de las raíces de las plantas ya que se ve obstaculizado, lo que limita la absorción de agua y nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos y el rendimiento de la finca. Esta compactación afecta directamente la productividad a futuro y, por ende, los ingresos de los agricultores, esto como una visión general de las posibilidades a futuro que tendría una finca si se sigue implementando esta técnica, por tanto, es crucial que los agricultores adopten prácticas de gestión del suelo y tecnologías que minimicen la compactación para preservar la calidad del suelo y mantener la rentabilidad de sus fincas (Agriquipo, S.F).

La aviación agrícola, por otro lado, ofrece importantes beneficios económicos. Al aumentar la eficiencia de la aplicación de insumos y mejorar la uniformidad de la

distribución, se maximiza el uso efectivo de los agroquímicos, lo que puede resultar en mayores rendimientos y, por ende, mayores ingresos para los agricultores. La reducción en los costos de mano de obra y mantenimiento de equipos, junto con la capacidad de operar en condiciones difíciles que impedirían la pulverización terrestre, contribuye a una mayor rentabilidad, y un factor importante es que la aviación agrícola permite a los agricultores aprovechar ventanas de tiempo más cortas para la aplicación de agroquímicos, lo que es crucial en climas impredecibles y puede prevenir pérdidas de rendimiento debido a condiciones climáticas adversas.

## Evaluación de Hipótesis:

Hipótesis 1: La implementación de la aviación agrícola con la tecnología del Ipanema EMB 203 de Embraer es útil en la agricultura de Colombia y esto se evidencia por sus ventajas en el campo.

## Resultados

### Ventajas de la Aviación Agrícola con EMBRAER:

- Con la Aeronave Ipanema EMB 203 se puede conseguir una aplicación uniforme gracias al uso de su tecnología DGPS y los sensores avanzados que garantizan una distribución homogénea de insumos y así evitar el desperdicio de estos (EMBRAER, agricultural aviation, S.F).
- La Aeronave cuenta con gran capacidad de abarcar mucho terreno en poco tiempo, ésta puede llegar hasta 200 hectáreas por hora, lo cual se vuelve crucial a la hora de trabajar en grandes extensiones de terreno (EMBRAER, Por qué aviación agrícola? , S.F)
- Comparado con métodos terrestres, el uso del Ipanema 203 puede reducir costos operativos hasta en un 57% debido a que su fuente de alimentación es el ETANOL (EMBRAER, Por qué aviación agrícola? , S.F), un combustible más favorable que los combustibles fósiles y que además tiene un octanaje mayor a lo que los combustibles



fósiles pueden brindar esto en una relación de 105 (ETANOL) VS 97 (GASOLINA), esto como un promedio general de los tipos de octanajes en cada uno de los casos (Renting, 2022)

- Cuando analizamos el impacto de los métodos terrestres de pulverización y riego, encontramos que el uso de esta maquinaria puede influir hasta en un 20% de forma negativa a la hora evaluar el redimiendo de los cultivos (Agriquito, S.F), por otro lado cuando se utiliza la aeronave podemos evitar el amasamiento de plantas y compactación del suelo, que como mencionamos anteriormente son problemas comunes con métodos terrestres.
- Los métodos terrestres como los tractores y pulverizadores tienen inconvenientes a la hora de las aplicaciones post-lluvia, por otro lado, el uso de la aeronave ofrece mayor flexibilidad en este tipo de terrenos ya que no hay un contacto directo con el suelo.

#### Desventajas y Limitaciones:

- La adquisición de aeronaves y la capacitación de pilotos pueden ser costosas, a continuación, se hace una comparación de los costos de adquisición de un tractor Kubota M7040 (uso común en las granjas colombianas) y la aeronave Ipanema EMB 203 (caso de estudio), para la siguiente comparación se utilizaron cotizaciones directas en la empresas distribuidoras o fabricantes, ambas cotizaciones se adjuntan en la entrega del caso de estudio.

Tabla 3

Nombre/Modelo	Imagen referencia	Precio Unidad	¿Se necesita importar?	Aranceles a la importación	Rendimiento
Kubota M7040		33.103 USD	NO	19% IVA, NO TIENE ARANCEL A LA IMPORTACIÓN POR TRATADO INTERNACIONAL ENTRE COLOMBIA Y BRAZIL (MERCOSUR)	15 Hectareas/Hora
Ipanema EMB 203		240.000 USD	SI	19% IVA, NO TIENE ARANCEL A LA IMPORTACIÓN POR TRATADO INTERNACIONAL ENTRE COLOMBIA Y BRAZIL (MERCOSUR)	200 Hectareas/ Hora

Costos a la importación desde brazil de los dos modelos comparados

Fuente: elaboración propia

Si bien el precio de inversión es alto y se puede considerar una desventaja, con esta comparación podemos tener una imagen más centrada en la inversión al

momento de la compra de los mismos, si nos fijamos en el precio nos damos cuenta de que con la inversión de la compra de una aeronave se es posible adquirir hasta 7 tractores de estos, pero aún teniendo esta cifra mayor si evaluamos el rendimiento encontramos que para igualar el rendimiento de la aeronave son necesarios hasta 13 tractores trabajando simultáneamente sin contemplar los costos operativos de personal y/o combustible que analizaremos más adelante.

- La aviación agrícola puede verse afectada por condiciones meteorológicas adversas, si bien funciona en terrenos post-lluvia, se tiene como desventaja que la operación en momentos de lluvias y vientos fuertes afecta directamente a la operación, dando como resultado posponer las actividades hasta el cese de lluvias y/o vientos.
- Si bien esta aeronave no necesita de una pista pavimentada ni extensa, es necesario contar con un espacio mínimo de 375 metros planos para el funcionamiento de esta, lo que implica posible reducción en el tamaño productivo de la finca para que las pistas sean adecuadas, además de su mantenimiento especializado.

## Conclusiones

La implementación de la aviación agrícola con tecnología de EMBRAER presenta significativas ventajas en términos de eficiencia y productividad para la agricultura en Colombia. No obstante, también enfrenta desafíos y limitaciones que deben ser cuidadosamente evaluados y gestionados. La adopción de esta tecnología puede transformar la agricultura colombiana, especialmente en grandes propiedades, siempre y cuando se superen barreras iniciales y se adapten las infraestructuras necesarias.

## Referencias

- AEROCIVIL. (2015). *Lista empresas*. Obtenido de <https://www.aerocivil.gov.co/atencion/estructura/Documents/LISTADO%20EMPRESAS%20ACTULIZADO%202015.xlsx>
- Aeroespacial. (02 de 2021). *Embraer vendió en febrero 19 aviones agrícolas Ipanema*. Obtenido de <https://actualidadaeroespacial.com/embraer-vendio-en-febrero-19-aviones-agricolas-ipanema/>
- Aerotendencias. (2021). *Embraer pone en vuelo un EMB-203 Ipanema como demostrador tecnológico con motor eléctrico*. Obtenido de <https://www.aerotendencias.com/investigacion/55260-embraer-pone-en-vuelo-un-emb-203-ipanema-como-demostrador-tecnologico-con-motor-electrico/#:~:text=motor%20el%C3%A9ctrico%20%2D%20Aerotendencias-,Embraer%20pone%20en%20vuelo%20un%20EMB%2D203%20Ipanema,dem>
- Agriquipo. (S.F). *El peso de los tractores y su impacto en el suelo: un peligro para los cultivos*. Obtenido de [https://agriquipo.com/blog/agricultura/cultivos/el-peso-de-los-tractores-y-su-impacto-en-el-suelo/#google\\_vignette](https://agriquipo.com/blog/agricultura/cultivos/el-peso-de-los-tractores-y-su-impacto-en-el-suelo/#google_vignette)
- Asgrow. (22 de 09 de 2018). *PULVERIZADORES Y ATOMIZADORES PARA TRACTOR: VENTAJAS Y DESVENTAJAS*. Obtenido de <https://www.asgrow.com.mx/es-mx/tendencias/gestionagricola/pulverizadores-y-atomizadores-para-tractor--ventajas-y-desventaj.html>
- AviacionLine. (2024). *Embraer entregó la unidad 1600 de su exitoso aeroaplicador EMB-203 Ipanema*. Obtenido de <https://www.aviacionline.com/2024/01/embraer-ipanema-1600/>
- EMBRAER. (S.F). *agricultural aviation*. Obtenido de <https://embraer.com/global/en/agricultural-aviation>
- EMBRAER. (S.F). *Por qué aviación agrícola?* . Obtenido de <https://agricultural.embraer.com/br/pt/por-que-aviacao-agricola> .



- Hispanaviación. (30 de 04 de 2024). *Koppert utilizará el avión Ipanema de Embraer para certificar aplicaciones aéreas de métodos de biocontrol en Brasil*. Obtenido de <https://www.hispaviacion.es/koppert-utilizara-el-avion-ipanema-de-embraer-para-certificar-aplicaciones-aereas-de-metodos-de-biocontrol-en-brasil/>
- Michelin. (2024). *Cómo calcular la huella de carbono de tu flota*. Obtenido de <https://connectedfleet.michelin.com/es/blog/calcular-emisiones-de-co2/#:~:text=Un%20litro%20de%20di%C3%A9sel%20crea,la%20flota%20en%20un%20mes.>
- MinAgricultura. (16 de 02 de 2024). *El sector agropecuario mantiene su tendencia de recuperación*. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-sector-agropecuario-mantiene-su-tendencia-de-recuperaci%C3%B3n-empuj%C3%B3-el-crecimiento-del-PIB-con-un-aumento-del-6-en-el-%C3%BAltim.aspx#:~:text=En%20el%20a%C3%B1o%20el%20valor,16%20de%20febrero>
- MX, M. (2017). *Consumo de combustible*. Obtenido de <https://www.magussa.com.mx/node/1306>
- Renting. (09 de 2022). *Conoce los tipos de gasolina y el octanaje de la gasolina en Colombia*. Obtenido de <https://www.rentingcolombia.com/blog/tipos-de-gasolina#!>
- Seaboard. (2024). *HUELLA DE CARBONO*. Obtenido de <https://www.seaboard.com.ar/negocio/nuestra-sostenibilidad/huella-de-carbono#:~:text=La%20nafta%20emite%202%2C272%20kg,kg%20de%20CO2%20por%20litro.>
- tractores, I. (S.F). *¿Cuántas hectáreas puede trabajar un tractor en una hora?* . Obtenido de [https://todotractores.pro/cuantas-hectareas-hace-un-tractor-en-una-hora/#%C2%BFcuantas\\_hectareas\\_puede\\_labrar\\_un\\_tractor\\_en\\_una\\_hora](https://todotractores.pro/cuantas-hectareas-hace-un-tractor-en-una-hora/#%C2%BFcuantas_hectareas_puede_labrar_un_tractor_en_una_hora)