



La comercialización del mercado del aguacate en Colombia*

*María Constanza Torres Madroño***


*Johanna Trochez González****


Resumen: Se realizó una revisión de las exportaciones y los precios del aguacate en Colombia, con relación a los acuerdos de libre comercio pactados con diferentes países y comunidades en el tiempo. Para el análisis estadístico de los precios mensuales por kilo de aguacate en las diferentes plazas de mercado de Colombia, se utilizaron modelos espaciotemporales, como el modelo lineal mixto, en un lapso de nueve años (desde enero de 2013 hasta agosto de 2022). Se observó un aumento en los precios de aguacate de la variedad Hass, mientras que en las variedades Papelillo y común hubo una reducción en los precios de comercialización. De igual forma, se identificó que en Bogotá se presentan los precios más altos de esta fruta en comparación con otras ciudades.

Palabras clave: tratado de libre comercio, aguacate, exportaciones, precios.

Clasificación JEL: M11, D24, G14, E01, C38, D57.

* Artículo de investigación.

** Ph. D. Informática y Ciencias e Ingeniería de la Información, docente Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. mariatorres@itm.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-9795-2459>

*** Magister en Estadística, docente Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín, Colombia. johannatrochez@itm.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-2137-3143>

Avocado Marketing in Colombia

Abstract

A review of avocado exports and prices in Colombia was carried out, in relation to free trade agreements with different countries and communities over time. For the statistical analysis of the monthly prices per kilo of avocado in different marketplaces in Colombia, space-time models were used, such as the mixed linear model in a period of nine years (from January 2013 to August 2022). An increase in Hass variety prices was observed, while in Papelillo and common varieties there was a reduction. It was also identified that Bogotá has the highest prices for this fruit compared to other cities.

Keywords: free trade agreement, avocado, exports, prices.

INTRODUCCIÓN

En los últimos quince años Colombia ha celebrado acuerdos de libre comercio con diferentes países y se han abierto mercados para la comercialización de diferentes productos agrícolas, como el plátano, el pescado, el limón Tahití y el aguacate Hass. Para este último se tiene acceso fitosanitario a 55 países, entre los que se encuentran: Estados Unidos, países de la Unión Europea, China y Chile entre otros (Mincomercio, 2021).

Sin duda, los tratados de libre comercio con Estados Unidos (EU) y la Unión Europea (UE) han sido de gran impacto dentro del sector agrario colombiano. Estos tratados entraron en vigor en mayo de 2012 y julio de 2013 respectivamente, y afectaron algunos productos agrícolas en sus precios de comercialización, como los derivados lácteos (Trochez & Valencia, 2014) y el maíz (Trochez et al., 2018), los cuales redujeron significativamente sus precios, mientras que otros productos resultaron beneficiados de estos tratados al aumentar las exportaciones,

como el aguacate y el plátano (Betancur & Ordóñez, 2019).

En el intercambio de productos agropecuarios con algunos países, estos resultan afectados por la tasa representativa del mercado (TRM), definida como la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos, que para el año 2022 presentó una tendencia creciente, así como una alta volatilidad (Banco de la República [Banrep], 2023). Este contexto económico influye de manera positiva en aquellos productos agropecuarios que se exportan, ya que se reciben más pesos por cada dólar exportado, mientras que, en materia de insumos agropecuarios, generalmente importados, incrementa el precio de fertilizantes y herbicidas, lo que ocasiona un aumento de los costos de producción (DVA, 2022).

En la actualidad, tanto en el ámbito nacional como internacional se ha evidenciado una tendencia creciente de la demanda de aguacate para el consumo humano, en especial de la variedad Hass. Esta especie de aguacate es atractivo por su tamaño, tiempo de

maduración y cualidades nutritivas. Se considera como un gran alimento por sus propiedades antioxidantes y sensoriales, especialmente las relacionadas con el alto contenido graso y la presencia de vitaminas; por eso, algunos lo han llamado el oro verde (Guerra et al., 2021).

Desde el año 2009 Colombia ha incurrido en la exportación de aguacate, inicialmente con la variedad Colin o Reed, pero con el tiempo dichas exportaciones se sustituyeron únicamente por la variedad Hass, hasta llegar a ser la segunda fruta que más se exporta en el país. Esto llevó a que, a partir del Decreto 1085 del 3 de agosto de 2020, se asignara para esta variedad una única subpartida arancelaria con número 0804400000, lo que ha permitido posicionar a Colombia como el quinto exportador mundial de aguacate (ICA, 2022b).

Una ventaja competitiva de Colombia consiste en la capacidad de producir aguacate durante la mayor parte del año. Sin embargo, los precios del mercado se encuentran sujetos a la oferta, mediada por la temperatura del año, temporadas de invierno y de verano, es así como el pico de producción de aguacate se da entre octubre y marzo (Portafolio, 2017).

Los principales destinos de las exportaciones colombianas de aguacate son Países Bajos (Netherlands), Reino

Unido y España, con una participación dentro de las exportaciones del 56 %, 12 % y 9 % respectivamente, mientras que solo el 5 % tiene como destino Estados Unidos (ITC, 2022). No obstante, el precio por kilo de aguacate de origen colombiano varía según el país de destino, debido a los costos logísticos de envío a los diferentes destinos. Es así como en Holanda el precio por libra es de USD 1.80, mientras que en Estados Unidos el precio por libra es de USD 0.9 (Portafolio, 2017).

Toda la dinámica del mercado, representada en un aumento de la producción, de la demanda y de las exportaciones, ocasiona variaciones en los precios internos comercializados en las principales plazas de mercado del país. Así que, considerando lo anterior, se planteó la hipótesis: ¿qué efectos en el tiempo han tenido los precios de las diferentes variedades de aguacate? Para responder esta pregunta se realizó un análisis de los precios internos de comercialización en las diferentes plazas de mercado, con base en datos del DANE (2022).

A partir de esta información, se construyó un modelo lineal mixto para tres variedades diferentes: las de mayor comercialización, donde se evidenció un aumento en los precios de comercialización de aguacate Hass en las principales plazas de mercado del país, mientras que en las variedades Papelillo (Lorena) y aguacate común se ha manifestado una reducción en los precios de comercialización. A continuación, se

presenta el desarrollo de esta investigación, describiendo las principales cifras relacionadas con la producción y exportación de aguacate, la metodología para la construcción y el análisis del modelo lineal mixto, y los resultados obtenidos a partir del modelo.

ESTADO DEL TEMA

En algunos países latinoamericanos como México, República dominicana, Perú y Colombia, se ha observado un crecimiento de la producción de aguacate Hass, representado en el aumento del número de hectáreas cultivadas. México, especialmente, es considerado como el principal consumidor y productor de aguacate a nivel mundial, mientras que Colombia es el cuarto país productor y el tercero en términos de área cosechada, con una participación del 6 % del área mundial (Minagricultura, 2018). Enseguida, se resumen las principales características de este producto en el país.

Cultivo de aguacate en Colombia

La entidad que representa a los cultivadores de aguacate a nivel mundial es la Organización Mundial del Aguacate (World Avocado Organization [WAO], 2023), cuya principal misión es promover el consumo del aguacate. En el país, este sector es representado por la entidad Corpohass (2022), en la que se registran los principales productores de esta fruta. Donde se encontró que tres empresas abarcan el 42 % del mercado

de exportaciones, y la empresa Jardín exóticos SAS es la que abarca el 16 % del mercado, seguida de Westfalia Fruit Colombia SAS y Avofruit SAS, cada una con el 13 %, del total de las exportaciones colombianas de aguacate.

Según el reporte de Datos Abiertos (2022), del número de hectáreas cultivadas, toneladas producidas y rendimiento por departamento en Colombia del cultivo de aguacate, desde el año 2007 hasta el año 2018, se ha evidenciado un aumento en el número de hectáreas cultivadas en algunos departamentos como Tolima, Antioquia, Caldas y Santander, y de estos, Tolima es el de mayor área cultivada. Este aumento de hectáreas cultivadas representa a nivel regional un incremento del empleo rural (Redagrícola, 2022).

En la actualidad, ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2022b) en Colombia se reportan 79 832 hectáreas sembradas de aguacate de diferentes variedades. Del total de hectáreas sembradas, el 50 % pertenece a la variedad Hass, y del total de área sembrada en aguacate Hass, el 31 % de hectáreas se encuentran registradas ante el ICA para el mercado de exportación (ICA, 2022b).

En cuanto al rendimiento, entendido como toneladas producidas por hectárea, durante los años 2017 y 2018, Antioquia fue uno de los departamentos que obtuvo mayor rendimiento, con un

promedio de 15 toneladas por hectárea. Mientras que Valle del Cauca, desde el año 2011 hasta el año 2016, alcanzó el mayor rendimiento con un promedio de 14.1 toneladas por hectárea. Tolima, por su parte, pese a ser uno de los departamentos con mayor número de hectáreas cultivadas, ha mostrado un rendimiento decreciente en el tiempo, por lo que en 2017 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural entregó en Armero Guayabal (Tolima) una moderna planta de acopio y empaque de aguacate, que ha beneficiado aproximadamente a 2800 familias de la zona. Con estas acciones se avanzó en la construcción de infraestructura productiva y de poscosecha para la comercialización de este producto (Minagricultura, 2017).

Exportaciones de aguacate y acuerdos de libre comercio de Colombia con diferentes países

Colombia es el principal exportador de banano, el cuarto de aguacate y el sexto de limón en el continente (Forbes, 2022). Esta dinámica exportadora representa enormes oportunidades, lo que le permite a Colombia posicionarse en el mundo como referente de integridad, calidad, confiabilidad y evolución en el sector agroindustrial (Redagrícola, 2022). Por otra parte, la comercialización de aguacate Hass en los mercados internacionales requiere desarrollar diferentes ventajas competitivas, como una logística eficiente, la fabricación de un empaque que permita

la preservación, y precios razonables (Asmar, 2020b).

En todo caso, los múltiples tratados de libre comercio y acuerdos de comercialización evidencian el potencial del país para llegar a varios mercados con los productos agrícolas. A continuación, se mencionan los países con los que se han establecido convenios de comercialización.

China: en el año 2019 los gobiernos de Colombia y China firmaron el Protocolo de Requisitos Fitosanitarios, con el cual se da vía libre a la exportación de aguacate Hass al mercado chino (Mincit, 2019). Sin embargo, las primeras exportaciones de aguacate colombiano a este país solo se dieron hasta el año 2020 (ITC, 2022).

Estados Unidos: considerado como uno de los principales consumidores e importadores de aguacate Hass, este país recibe exportaciones de diferentes países como México, Colombia, Perú y Ecuador, de los cuales México es el principal proveedor de aguacate en dicho país. Desde mayo de 2012, fecha en la que se firmó el Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos y Colombia, se otorgó un arancel del 0 % al aguacate colombiano para ingresar al mercado estadounidense. Sin embargo, Colombia está lejos de ser el principal proveedor de aguacate de este país, ya que en el año 2021 ocupó la posición 16 dentro de los proveedores de aguacate,

superado por otros países como México, Costa Rica y Perú, que tampoco cuentan con aranceles para ingresar a este mercado; además, compiten con precios más económicos (ITC, 2022).

Unión Europea: la Unión Europea (UE) es el segundo socio comercial más importante de Colombia después de Estados Unidos. Esta comunidad reúne a 27 países pertenecientes a Europa. El acuerdo de libre comercio fue firmado entre la Unión Europea (UE) Perú y Colombia, desde el año 2013 (Mincomercio, 2021). En este acuerdo no solo el aguacate ha sido privilegiado, también se favorecieron otras frutas como la uchuva, el mango, el banano, la gulupa y el limón Tahití (Mincit, 2021). De esta comunidad, los principales países que importan aguacate son Países Bajos, Reino Unido y España.

Chile: aunque este país es productor de aguacate y es considerado como el segundo mayor consumidor después de México, no tiene una producción estable de esta fruta (Forbes 2022b). Colombia intentó durante siete años negociar el ingreso del aguacate a ese país, y pese a haber obtenido los permisos fitosanitarios como requisito para ingresar a dicho mercado, solo hasta el año 2022 logró hacer las primeras exportaciones con 23 000 kilos (ICA, 2022b).

Japón: el mercado de aguacate desde Colombia hacia Japón se oficializó en noviembre de 2012, tras la aproba-

ción de un proceso de inspección del Ministerio de Agricultura de Japón y el trabajo conjunto con el Ministerio de Agricultura de Colombia y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (Asmar, 2020a).

METODOLOGÍA

A través del modelo lineal mixto se pretende evaluar el efecto que ha tenido el tiempo sobre los precios de venta mensuales por kilo del aguacate, en las tres variedades que se comercializan en las plazas de mercado: Hass, Papelillo (Lorena) y variedad común. Esta base de datos se encuentra disponible en el DANE (2022). Dicho efecto será medido mediante el modelo lineal mixto, ajustado con el *software* estadístico R (R Core Team, 2022).

La variable precio se analizó con el modelo lineal mixto. Este modelo permite examinar la variabilidad del precio por kilo de aguacate, entre las plazas de mercado y dentro de ellas, a través de diferentes covariables en el tiempo y así determinar el efecto del tiempo en el precio de venta de las diferentes variedades de aguacate, según la plaza de venta (West et al., 2007). El modelo lineal mixto está definido de la forma:

$$y_i = X_i\beta + Z_i b_i + \varepsilon_i \text{ con } i = 1, 2 \dots n \quad [1]$$

Donde X_i es la respuesta fija $Z_i b_i$ y $+\varepsilon_i$ es la parte aleatoria del modelo. Los vectores aleatorios en el vector b_i

siguen una distribución normal multivariada, donde $b_i \sim iid N(0, D)$;

$$D_i = \begin{bmatrix} var(b_{1i}) & cov(b_{1i}, b_{2i}) & \dots & cov(b_{1i}, b_{2i}) \\ cov(b_{1i}, b_{2i}) & var(b_{1i}) & \dots & cov(b_{1i}, b_{2i}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ cov(b_{1i}, b_{2i}) & cov(b_{1i}, b_{2i}) & \dots & var(b_{1i}) \end{bmatrix} \quad [2]$$

Como medida de error se empleó el MAPE, conocido como el error de pronóstico medio dado por la ecuación [3]:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_{est} - y_{real}}{y_{real}} \right| \quad [3]$$

Donde: y_{est} es el valor ajustado mediante el modelo, y_{real} corresponde a los valores reales, y n es el tamaño de la muestra objeto de estudio.

Lugares de mercado mayorista

La definición oficial, fijada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el artículo primero del Decreto 397 de 1995, establece que “se considera Mercado Mayorista a un conjunto de locales construidos y adecuados para realizar actividades de intercambio comercial, por medio de la compraventa al por mayor de productos de origen agropecuario, con el objeto de abastecer suficientemente a la población”.

Teniendo en cuenta esta definición, se eligieron doce plazas de mercado mayorista, que se reportan en la base de datos del DANE (2022), de las principales ciudades del país (ver Tabla

1), las cuales garantizan el abastecimiento y distribución de alimentos en los centros urbanos. Ellas reflejan los precios corrientes de comercialización por kilo de aguacate según la variedad Hass, Papelillo (Lorena) y otra variedad común (Ríos-Castaño & Tafur-Reyes, 2003), a partir de la oferta y la demanda que llega a cada una de las plazas (FAO, 2010).

Tabla 1. Plazas de mercado estudiadas

Departamento	Plaza (lugar)
Antioquia	La Ceja
	Central Mayorista de Antioquia
	Rionegro
Bogotá	Corabastos
Boyacá	Chiquinquirá
	Duitama
	Sogamoso
	Tunja- Complejo de Servicios del Sur
Caquetá	Florencia
Cúcuta	Cúcuta- Cenabastos
Popayán	Plaza de mercado del barrio Bolívar
Santander	Centroabastos

RESULTADOS

La Figura 1 presenta el precio mensual por kilo de aguacate en los últimos nueve años en doce plazas mayoristas de las principales ciudades de Colombia, comparando tres diferentes variedades (aguacate común-línea roja, aguacate Hass-línea verde, y aguacate Papelillo-línea azul), desde enero de 2013, hasta agosto de 2022.

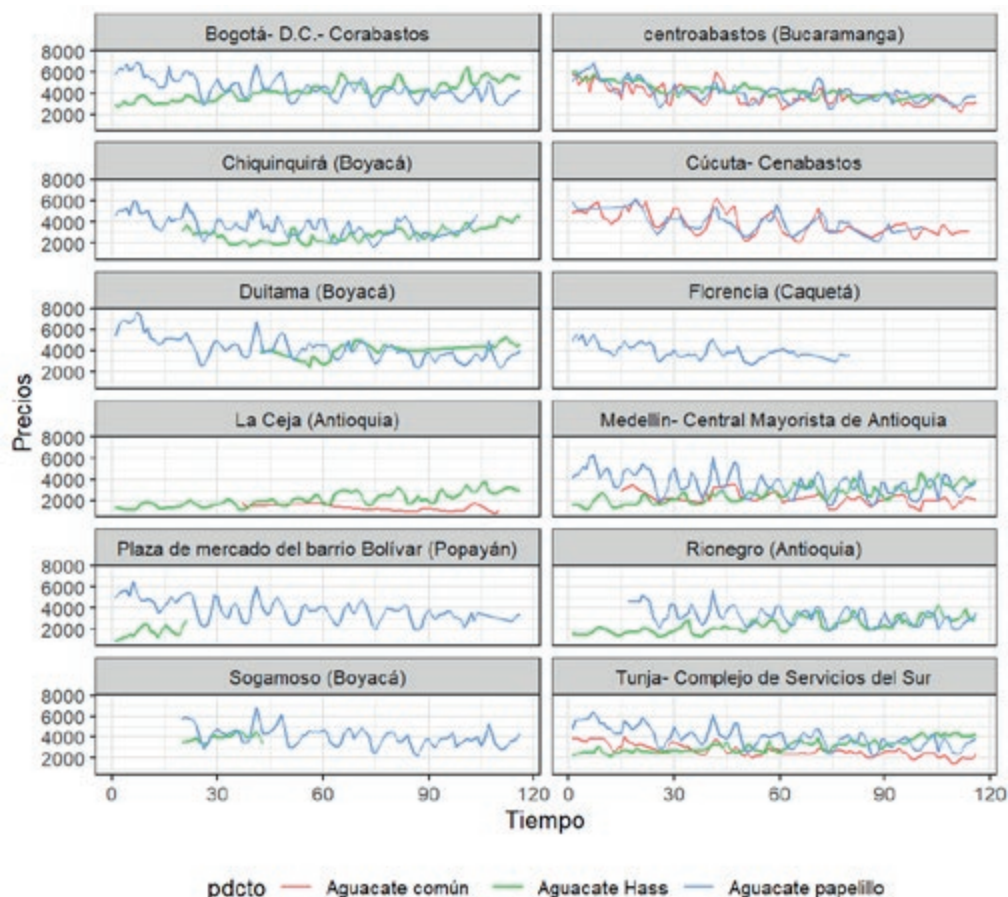


Figura 1. Precio en el tiempo de las diferentes variedades de aguacate según la plaza de mercado.

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2022)

Aquí se observa un aumento en el tiempo del precio de venta de la variedad Hass, mientras que las variedades Papelillo y común muestran una tendencia decreciente en el tiempo en los precios de comercialización.

En la Figura 2 se ilustra el precio promedio por mes. Se advierte que el aguacate Papelillo tiene un precio

superior a las otras dos variedades. Esta fruta está sujeta a estacionalidad, es decir, temporadas como el mes de julio cuando se percibe mayor oferta, que influye en una disminución de los precios de comercialización. Por su parte, en marzo y abril hay poca oferta, lo que incide en el aumento de los precios de comercialización.

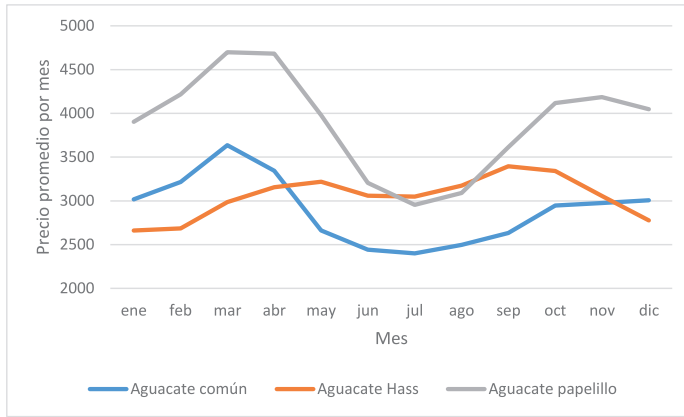


Figura 2. Precio promedio por mes de las diferentes variedades de aguacate

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2022)

Por cada tipo de variedad se ajustó un modelo lineal mixto de intercepto y pendiente aleatoria. Este modelo se puede escribir así: [5]

$$Precios_{ij} | b_0, b_1 \sim N(\mu_{ij}, \sigma_{precios}^2) \quad [5]$$

$$\mu_{ij} = \beta_0 + \beta_1 tiempo_{ij} + b_{0i} + b_{1i} tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [6]$$

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} \sim \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_{b_0}^2 & \sigma_{b_0 b_1} \\ \sigma_{b_0 b_1} & \sigma_{b_1}^2 \end{bmatrix} \right) \quad [7]$$

Los precios en las plazas de mercado varían en el tiempo tanto en su intercepto b_{0i} , como en su pendiente b_{1i} , que en conjunto componen la varianza total en dicho tiempo, atribuible a la variación entre plazas de mercado. Esta contribución individual se cuantifica usando un modelo de intercepto y pendiente aleatoria con distribución normal. La variación entre individuos

en intercepto y pendiente es $\sigma_{b_0}^2$ y $\sigma_{b_1}^2$, respectivamente. La covarianza entre el intercepto y la pendiente está dada por $\sigma_{b_0 b_1}$ (Hernández & López, 2022).

Aguacate Papelillo

En la Tabla 2 se anota el precio promedio mensual por año, en once plazas de mercado de diferentes ciudades, en los últimos diez años, para la variedad aguacate Papelillo. En esta tabla se observó que los precios de comercialización del aguacate de la variedad Papelillo son más elevados en Bogotá y Boyacá, durante marzo y abril. Se destaca que estos departamentos no son productores de esta fruta y que su valor promedio supera los 4000 pesos por kilo. Mientras que en otras plazas de ciudades pertenecientes a departamentos productores como Antioquia, el precio promedio es menor que en el resto de las ciudades.

Tabla 2. Precios promedios anuales de aguacate variedad Papelillo en diferentes plazas de mercado de ciudades de Colombia

Etiquetas de fila	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	prom
Bogotá D.C. Corabastos	3771	3927	3825	4103	4197	4396	4716	4671	5306	6431	4534
Bucaramanga Centroabastos	5680	4849	3793	4137	3755	3929	3704	3773	3441	3309	4037
Boyacá - Chiquinquirá		3896	3273	2646	3181	3338	3908	3762	4178	5187	3708
Cúcuta - Cenabastos		3583	2992	3868	3770	3380	4128	3781	5760	5479	4082
Boyacá - Duitama	3446	3381	3390	4038	4055	4327	4416	4160	5197	6768	4318
Caquetá - Florencia				3493	3871	3424	3840	3881	4262	5114	3983
Medellín - Central Mayorista de Antioquia	3241	3066	2935	3350	3204	3696	3685	3839	4362	5121	3650
Rionegro (Antioquia)	2672	3014	2874	3226	3374	3288	3577	3622	4649	4000	3366
Popayán - Plaza de Mercado del barrio Bolívar	3194	3192	3257	3557	3600	3620	3895	3992	4581	5494	3838
Sogamoso (Boyacá)		5670	4197	4801	4081	4120	3755	3399	3927	3477	4158
Tunja - Complejo de Servicios del Sur	3164	3529	3373	3749	3833	3873	4301	4229	4919	5714	4068
Promedio	3596	3811	3391	3724	3720	3763	3993	3919	4598	5209	3972

La tabla 3 presenta los parámetros del modelo lineal mixto ajustado.

Tabla 3. Parámetros del modelo ajustado para el aguacate variedad papelillo

	Descripción	Parámetro	Valor estimado	Valor t
	Intercepto	β_0	4882	23.25
	Pendiente	β_1	-17.018	-14.88
Desviación estándar de	Residuales	$\sigma_{precios}$	796.6	
	Intercepto aleatorio	σ_{b0}	2.793	
	Pendiente aleatoria	σ_{b1}	675.834	
	Covarianza	σ_{b0b1}	1887.6	
	Error de pronóstico medio	MAPE	4.69%	

El modelo ajustado se puede reescribir de la siguiente forma:

$$Precio_{ij} \sim N(\mu_{ij}, 796.6^2) \quad [8]$$

$$\mu_{ij} = 4882 - 17.018 tiempo_{ij} + b_{0i} + b_{1i} tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [9]$$

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} \sim \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2.793^2 & 1887.6 \\ 1887.6 & 675.834^2 \end{bmatrix} \right) \quad [10]$$

Este modelo mostró una tendencia general de reducción de precios de comercialización en todas las plazas de mercado. Al ajustar una línea para cada plaza de mercado, se encontró que para la plaza de Rionegro la tasa de decrecimiento es de 14 pesos por mes aproximadamente, con la línea recta estimada:

$$\mu_{ij} = 4211.039 - 14.24 \text{ tiempo}_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [11]$$

$$\mu_{ij} = 5624.495 - 20.086 \text{ tiempo}_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [12]$$

Este resultado es coherente con los resultados reportados por Redagrícola (2022), que indican el aumento del área cultivada y, por ende, de la producción de aguacate en el departamento de Antioquia, región Oriente.

Mientras que la reducción de precios fue mayor en la plaza de Corabastos en Bogotá con una tasa de decrecimiento de 20 pesos por mes aproximadamente, debido a la alta afluencia de productos provenientes de diferentes plazas del país.

Este modelo tuvo un ajuste del MAPE de 4.69 % e indica un bajo error en la estimación de la recta.

Aguacate Hass

De la variedad Hass se encontraron precios en ocho plazas de mercado de diferentes ciudades. En la Tabla 4 se presentan los precios promedios de los meses de cada uno de los últimos diez años para la variedad Hass en diferentes plazas de mercado.

Tabla 4. Precios promedios anuales de aguacate variedad hass en diferentes plazas de mercado de ciudades de Colombia

Etiquetas de fila	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	prom
Bogotá D.C. Corabastos	3188	3300	3580	3925	4209	4785	4591	4385	5326	5439	4273
Centroabastos (Bucaramanga)	5563	5252	4264	4303	4294	3976	3750	3657	3600		4295
Chiquinquirá (Boyacá)		3164	2492	1985	2317	2450	2958	2938	3329	4207	2871
Duitama (Boyacá)				3938	2936	4218	4097	4000	4328	4767	4041
La Ceja (Antioquia)	1467	1521	1637	1739	2038	2501	2372	2230	2974	3013	2149
Medellín - Central Mayorista de Antioquia	1832	1760	2030	2235	2571	3156	2963	2741	3685	3785	2676
Rionegro (Antioquia)	1771	1776	1866	1943	2421	2969	2663	2471	3242	3183	2431
Tunja - Complejo de Servicios del Sur	2590	2656	2680	3015	2874	3338	3248	3359	4124	4185	3207
Prom	2735	2775	2650	2885	2957	3424	3330	3222	3826	4083	3243

De la Tabla 4 se puede determinar que en el ámbito interno los precios de comercialización del aguacate Hass son más elevados en las ciudades de Bogotá y Bucaramanga, las cuales corresponden a departamentos que no

son productores de esta fruta, allí su valor promedio supera los 4200 pesos por kilo. En cambio, en otras plazas de ciudades pertenecientes al departamento de Antioquia, departamento productor, el precio promedio es menor

que en el resto de las ciudades. Este comportamiento es similar al obtenido para la variedad Papelillo. Para la

variable de aguacate Hass, la Tabla 5 presenta los parámetros del modelo lineal mixto ajustado.

Tabla 5. Parámetros del modelo ajustado para el aguacate variedad Hass

Descripción	Parámetro	Valor estimado	Valor t
Intercepto	β_0	2442	7.99
Pendiente	β_1	13.78	3.621
Desviación estándar de	Residuales	$\sigma_{precios}$	459.43
	Intercepto aleatorio	σ_{b0}	954.27
	Pendiente aleatoria	σ_{b1}	11.27
Covarianza	σ_{b0b1}	7420.7 7	
Error de pronóstico medio	MAPE	2.73%	

El modelo ajustado se puede reescribir de la siguiente forma:

$$Precio_{ij} \sim N(\mu_{ij}, 459.43^2) \quad [13] \quad \mu_{ij} = 5375.43 - 20.3 tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [16]$$

$$\mu_{ij} = 2442 + 13.78 tiempo_{ij} + b_{0i} + b_{1i} tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [14]$$

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} \sim \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 954.27^2 & 7420.7 \\ 7420.7 & 11.27^2 \end{bmatrix} \right) \quad [15]$$

Este modelo mostró una tendencia creciente de los precios de comercialización con una pendiente positiva 14 pesos aproximadamente; además, tuvo un ajuste en el MAPE de 2.73 %, lo que indica un error bajo en la estimación de parámetros.

Se ajustó una línea para cada mercado, donde se encontró una reducción de precios en el tiempo para la plaza Centroabastos de Bucaramanga, con una tasa decreciente de 20 pesos aproximadamente, con la línea recta estimada:

Mientras que para las otras plazas de mercado hubo un aumento en el tiempo de los precios. Uno de los aumentos más grandes fue en la plaza de Corabastos en Bogotá, con la línea recta estimada.

$$\mu_{ij} = 2992.846 + 21.12 tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [17]$$

Este resultado es similar al efecto que tuvo el TLCAN en México, en el que se incrementaron los precios de comercialización, así como la demanda del aguacate mexicano, tras el acuerdo con Estados Unidos, que resultó beneficioso para los productores de esta fruta (Guajardo & Villezca, 2003).

Mientras que a nivel nacional los resultados son coherentes con los encontrados con Arias *et al.* (2018),

quienes hicieron una investigación de modo exploratorio, donde encontraron que el mercado del aguacate en el mundo se encuentra en crecimiento, así como el consumo per cápita.

Aguacate común

De la variedad de aguacate común se encontraron precios en doce plazas de mercado de diferentes ciudades. La Tabla 6 presenta el precio promedio por año en los últimos diez años, donde se

evidenció que en el país los precios de comercialización del aguacate común son más elevados en las ciudades pertenecientes a la costa (correspondientes a departamentos que no son productores de esta fruta), como Montería, Cartagena y Sincelejo, allí su valor promedio supera los 3000 pesos por kilo. En cambio, en otras plazas de ciudades como Medellín e Ibagué, pertenecientes a departamentos productores, el precio promedio es menor que en el resto de las ciudades.

Tabla 6. Precios promedios anuales de aguacate variedad común en diferentes plazas de mercado de ciudades de Colombia

Ciudad - año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	prom
La Ceja (Antioquia)	1500	1537	1624	1855	1948	2493	2226	2182	2852	2987	2120
Boyacá	1964	2415	2460	2729	2581	2477	3004	3107	3402	3792	2793
Cartagena	3383	3921	3950	3215	2481	4110	3511	4542	4184	5296	3859
Cúcuta	3109	3309	2500	3788	3066	3617	3839	4525	4905	5206	3786
Ibagué	2009	2213	2161	2494	2594	2345	2615	2546	2504	3563	2504
Montería	2497	2484	2732	4000	1912	3530	3649	3388	3464	4306	3196
Neiva	2644	2967	3048	2637	2349	2702	2784	2694	3158	3992	2897
Bucaramanga	3057	3089	3763	3749	3296	3455	4251	4120	4549	5284	3861
Sincelejo	3115	3549	3453	3139	3171	3478	3537	3742	3416	4397	3500
Valle del Cauca	2168	2392	2351	2533	2300	2562	2899	3006	3632	4274	2812
Valledupar	2164	2852	3537	3770	3636	3257	3282	3430	3607	3696	3323
Villavicencio	1800	1971	1941	2801	3656	3732	3773	3814			2936
Prom	2451	2725	2793	3059	2749	3147	3281	3425	3607	4254	3149

El modelo lineal mixto para la variedad común se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Parámetros del modelo ajustado para el aguacate variedad común

Descripción	Parámetro	Valor estimado	Valor t
Intercepto	β_0	3633.116	7.102
Pendiente	β_1	-13.775	-6.448
Desviación estándar de	Residuales	633.59	459.43
	Intercepto aleatorio	1128.662	954.27
	Pendiente aleatoria	4.121	11.27
	Covarianza	$\sigma_{b_0b_1}$	4651.2167
	Error de pronóstico medio	MAPE	4.08%

El modelo ajustado se puede reescribir de la siguiente forma:

$$Precio_{ij} \sim N(\mu_{ij}, 633.59^2) \quad [18]$$

$$\mu_{ij} = 3633.116 - 13.78 tiempo_{ij} + b_{0i} + b_{1i} tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [19]$$

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} [0] \\ [0] \end{pmatrix}, \begin{bmatrix} 1128.662^2 & 4651.216 \\ 4651.216 & 4.121^2 \end{bmatrix} \quad [20]$$

Este modelo ajustó una línea para cada mercado donde se encontró una reducción de precios en el tiempo para las diferentes plazas de mercado.

La reducción de precios fue menor en La Ceja, Antioquia, como se puede ver en la siguiente ecuación:

$$\mu_{ij} = 1924.31 - 7.53 tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [21]$$

Mientras que para las plazas de Centroabastos (Bucaramanga) y Cenabastos (Cúcuta), la reducción de precios fue mayor en el tiempo, con una

reducción aproximada de 18 pesos, las líneas estimadas corresponden a:

Centroabastos de Bucaramanga:

$$\mu_{ij} = 4820.26 - 18.11 tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [22]$$

Cenabastos de Cúcuta:

$$\mu_{ij} = 4875.446 - 18.31 tiempo_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [23]$$

Este modelo tuvo un ajuste del MAPE de 4.08 %, lo que indica un error bajo en la estimación de parámetros.

CONCLUSIONES

Este artículo presenta un análisis de los precios de comercialización de tres variedades de aguacate —Hass, Papelillo y común— empleando el modelo de análisis multivariado, modelo lineal mixto. Los datos utilizados fueron obtenidos desde el DANE (2022) y corresponden a los precios mensuales internos de comercialización en diferentes plazas de mercado de Colombia.

Una vez examinados los precios promedio por mes mediante un análisis descriptivo, se construyó el modelo lineal mixto para cada variedad, donde se estimó una disminución en los precios del aguacate de las variedades Papelillo y común, con una tasa de decrecimiento de -17.018 y -13.775 por mes respectivamente, mientras que en la variedad Hass se observó un incremento promedio aproximado de 14 pesos colombianos por mes.

Los precios varían según las plazas de comercialización. Si bien el modelo lineal mixto general del aguacate Hass evidencia un aumento de los precios de comercialización por mes, en la plaza Centroabastos de Bucaramanga se observó un decrecimiento en dichos precios de aproximadamente 20 pesos por mes.

En la variedad de aguacate Papelillo se encontró que la reducción de precio fue más grande en la plaza de Corabastos de Bogotá con una tasa de decrecimiento de 20 pesos por mes, mientras que en la plaza de Rionegro la reducción de precios por mes fue de 14 pesos.

En la variedad de aguacate común, al evaluar el precio en cada una de las plazas se encontró que la reducción de precios fue más grande en las plazas de Centroabastos de Bucaramanga y Cenabastos de Cúcuta, con una reducción aproximada por mes de 18 pesos,

mientras que en La Ceja, Antioquia, dicha reducción fue de 7 pesos por mes.

Al comparar las variedades de aguacate, se encontró que, si bien la variedad Hass tiene tendencia a incrementar el precio kilo por mes, la variedad Papelillo tiene un precio superior a las otras dos variedades.

El precio de esta fruta está sujeto a estacionalidad, es decir, temporadas como el mes de julio cuando se percibe mayor oferta, que influye en una disminución de los precios de comercialización; por su parte, en marzo y abril hay poca oferta, lo que incide en el aumento de los precios de comercialización.

Varios sectores resultaron favorecidos con la apertura de los productos agropecuarios al comercio internacional; uno de ellos es el sector aguacate, con la variedad Hass, que aumenta las oportunidades para alcanzar mercados de otros países, así como para consolidar las relaciones comerciales e incrementar la cantidad de toneladas que se exportan a otros países como Estados Unidos y algunos de la Unión Europea, dado el aumento de demanda de aguacate y las diferentes ventajas competitivas, como la oferta todo el año y los altos estándares de calidad en la fruta colombiana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al equipo editorial de la Revista Apuntes del Cenes, así como a los evaluadores anónimos,

por su contribución a la calidad del artículo a través de sus comentarios y sugerencias.

FINANCIAMIENTO

Investigación financiada mediante el proyecto de investigación “Estudio de capacidades de sistemas remotos multiespectrales para el monitoreo de cultivos de aguacate Hass” del Instituto Tecnológico Metropolitano.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Johanna Trochez realizó el diseño de la investigación, participó en el análisis de la información, construcción de modelos estadísticos y la redacción del artículo científico.

María Constanza Torres Madroñero participó en el diseño de la investigación, en el análisis de la información, construcción de modelos estadísticos y la redacción del artículo científico.

REFERENCIAS

- [1] Arias, F., Montoya, C. & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (55), 22 -35.
- [2] Asmar, S. (2020a). *Exportaciones de aguacate hass llegan a Japón, a pesar del contagio del Covid-19*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/exportaciones-de-aguacate-hass-llegan-a-japon-a-pesar-del-covid-19-2998266>
- [3] Asmar, S. (2020b). *En alianza con Smurfit Kappa, el aguacate tipo hass de Cartama llega a Japón*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/en-alianza-con-smurfit-kappa-el-hass-de-cartama-llega-a-japon-2991821>
- [4] Banco de la República -Banrep-. (2022). *Tasa Representativa del Mercado (TRM- Peso por dólar)*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- [5] Betancur, V. & Ordóñez, J. (2019). *Análisis de la factibilidad de las exportaciones de aguacate hass a Holanda en los últimos tres años*. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/643/Factibilidad%20exportaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] Corpohass. (2022). *Boletín Corpohass, especial de exportaciones*. <https://www.corpohass.com/>
- [7] DANE. (2022). *Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/esta-districas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa>
- [8] Datos Abiertos. (2022). *Aguacate*. Datos.gov <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Aguacate/k4ki-fcqi>
- [9] DVA. (2022). *Subida del dólar: impacto en el agro colombiano*. <https://dva.com.co/subida-del-dolar-impacto-en-el-agro-colombiano/>
- [10] FAO. (2010). *La función de los mercados mayoristas en los centros urbanos de Colombia*. <https://www.fao.org/3/as344s/as344s.pdf>Forbes. (2022a). *Colombia le saca el jugo al limón Tahití: sus ventas en el mundo están disparadas*. <https://forbes.co/2022/06/09/actualidad/colombia-le-saca-el-jugo-al-limon-tahiti-sus-ventas-en-el-mundo-estan-disparadas>
- [11] Forbes. (2022b). *Aguacate Hass colombiano llegó por primera vez a Chile*. <https://forbes.co/2022/09/09/empresas/aguacate-hass-colombiano-llego-por-primera-vez-a-chile>

- [12] Guajardo, R. & Villezca, P., (2003). El mercado del aguacate en el TLCAN: una perspectiva desde un modelo de equilibrio espacial.
- [13] *Entorno Económico*, 41(244). <http://eprints.uanl.mx/8673/1/El%20mercado%20del%20aguacate.pdf>
- [14] Guerra, M., Chacón M., Jaramillo, S., (2021). El mercado del aguacate Hass en Japón: retos para los exportadores colombianos. *Revista Mundo Asia Pacífico*, 10(18). <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/map/article/download/7038/5209/>
- [15] Hernández, F. & López, J. (2022). *Modelos mixtos con R*. [\(2022a\). Aguacate Hass colombiano a un paso de conquistar el mercado chileno.](https://fhernanb.github.io/libro_modelos_mixtos/ICA) <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-aguacate-hass-colombiano-cerca-chile>
- [16] ICA. (2022b). *Con 23 mil kilos de aguacate Hass, Colombia inicia la conquista del mercado de Chile.* <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-23mil-kilos-aguacate-hass-rumbo-chile>
- [17] ITC. (2022). *Trade Statistics for International Business Development Monthly, Quarterly and Yearly Trade Data. Import & Export Values, Volumes, Growth Rates, Market Shares, etc.* Trade Map. <https://www.trademapp.org>
- [18] Minagricultura. (2017). *Minagricultura entrega en Armero planta de aguacate que beneficia a 2.800 familias productoras.* <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/minagricultura-entrega-planta-aguacate-armero.aspx>
- [19] Minagricultura. (2018). *Cadena productiva de aguacate.* <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2018-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- [20] Mincit. (2019). *Firma del acuerdo que habilita la exportación de aguacate Hass a China 'permitirá aumentar el área sembrada y cambiarles la vida a muchos productores'.* <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190731-Firma-acuerdo-que-habilita-exportacion-aguacate-Hass-China-permitira-aumentar-area-sembrada-cambiarles-vida-producto.aspx>
- [21] Mincit. (2021). *Sector agropecuario, ganador en el TLC con la Unión Europea.* <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/comercio/sector-agropecuario-en-tlc-con-la-union-europea>

- [22] Mincomercio. (2021). *Informe sobre los acuerdos comerciales vigentes de Colombia*. <https://www.tlc.gov.co/temas-de-interes/informe-sobre-el-desarrollo-avance-y-consolidacion/documentos/ley-1868-informe-tlcs-2021-congreso.aspx>
- [23] Portafolio. (2017). *Estados Unidos ha duplicado consumo de aguacate Hass colombiano*. <https://www.portafolio.co/economia/exportaciones-de-aguacate-hass-potencian-agroindustria-colombiana-511347>
- [24] R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/Redagricola>. (2022). *Futuro con sabor a aguacate Hass*. <https://www.redagricola.com/co/futuro-con-sabor-a-aguacate-hass/#:~:text=gradualmente%20este%20mercado-,El%20aguacate%20Hass%20es%20una%20manera%20de%20mostrar%20que%20Colombia,el%20ejemplo%20empieza%20por%20casa>. Ríos-Castaño, D. & Tafur-Reyes, R. (2003). *Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia*. En Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) (pp. 143-147). https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p143.pdf
- [25] Trochez González, J. & Valencia Cárdenas, M. (2014). Análisis de series temporales en el sector lácteo de Antioquia para detectar efectos de la apertura comercial. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8(2), 140-151.
- [26] Trochez González, J., Valencia Cárdenas, M. & Salazar, J. C. (2018). Los efectos del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y los precios del maíz colombiano. *Apuntes del Cenes*, 37(65), 151-172.
- [27] World Avocado Organization -WAO- (2023). *Los secretos del aguacate*. WAO. <https://avocadofruitoflife.com/es/recetas/>
- [28] West, B., Welch, K. & Galecki, A. (2007). *Linear Mixed Models. A Practical Guide Using Statistical Software*. Prentice-Hall.