

Eficiencia Productiva y Externalidades en banano, piña, tomate de árbol y tomate riñón

Anahí Belén Marcial Ulloa, Lilián Victoria Morales Carrasco,
Ana Consuelo Córdova Pacheco

Resumen:

En Ecuador, donde la agricultura es crucial para la economía, el aumento del uso de fitosanitarios para mejorar la productividad agrícola ha tenido consecuencias negativas. Este estudio analiza la eficiencia de cultivos transitorios y permanentes y su relación con la salud. Se utilizó un estudio descriptivo con datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua del INEC y el Sistema de Información Pública Agropecuaria para identificar productos agrícolas con altos niveles de fitosanitarios y sus rendimientos. La estadística inferencial reveló que el rendimiento de los productos permanentes como el banano, piña y tomate de árbol dependen del uso de fitosanitarios, y se encontró una asociación entre el uso de fitosanitarios y mortalidad, particularmente relacionado con el tomate riñón en la región andina del Ecuador. Estos resultados son cruciales para los responsables de políticas públicas, especialmente en salud y control fitosanitario en Ecuador.

Palabras clave:

Fitosanitarios; Productividad; Salud; Seguridad Alimentaria.

Marcial Ulloa, A. B., Morales Carrasco, L. V., y Córdova Pacheco, A. C. (2024). Eficiencia Productiva y Externalidades en banano, piña, tomate de árbol y tomate riñón. En L. V. Morales Carrasco, C. D. Franco Crespo y A. C. Córdova Pacheco. (Ed). *Estudios Económicos de la Seguridad Alimentaria en el Ecuador*. (pp. 65-81). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.213.c399>



Introducción

El concepto de externalidades, introducido por Pigou (1920) destaca que en los mercados estas pueden ser positivas o negativas, afectando el bienestar de terceros sin compensación. Específicamente en la agricultura, se observan con frecuencia externalidades negativas, como la contaminación de fuentes hídricas que afecta a humanos y otros seres vivos, subrayando la necesidad de intervención gubernamental para corregir estas fallas de mercado en pro del bienestar social.

En cuanto a la función de producción, descrita por Mochón (2006), ésta relaciona los factores productivos utilizados con la cantidad de output generado. A corto plazo, las empresas pueden modificar la producción ajustando elementos variables como la mano de obra y los materiales, mientras que los factores fijos, como las instalaciones, no pueden ser ajustados rápidamente. Este marco es vital en la agricultura menos desarrollada donde la inversión en insumos, a menudo químicos, es fundamental para mejorar la productividad.

Históricamente, la agricultura ha sido crucial en el desarrollo económico, especialmente en países menos desarrollados donde la mayoría de la población depende de ella para subsistir (Hader et al., 2022). Incluso en economías en desarrollo, la agricultura sigue siendo esencial para el desarrollo económico y social, como se observa en la trayectoria de los países desarrollados (Bula, 2020).

En Ecuador, la investigación de Chagerben et al. (2020), revela cómo un país en desarrollo se beneficia significativamente de un sector agrícola pujante. Esta situación subraya la importancia de estrategias y políticas que fortalezcan este sector, haciendo de esta línea de investigación un ámbito relevante (Burgo Bencomo et al., 2019).

El papel de la tecnología en la agricultura es transformador, permitiendo a los productores medir y analizar datos para optimizar rendimientos y enfrentar retos actuales como el control de plagas y la gestión eficiente de insumos (Rambauth Ibarra, 2022). La sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria son también preocupaciones crecientes, con estudios que muestran la necesidad de políticas que aborden estos desafíos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Sotelsek Salem & Laborda Castillo, 2019).

La seguridad alimentaria se ve comprometida por el uso de fitosanitarios, cuyo impacto en la salud humana ha motivado investigaciones que destacan la necesidad de regulaciones efectivas para controlar su uso y proteger la salud pública (Zúñiga Venegas et al., 2021; Elgueta et al., 2021; Abbou et al., 2022). Estos estudios enfatizan la urgencia de desarrollar políticas públicas adecuadas que regulen la venta y aplicación de plaguicidas.

Finalmente, investigaciones sobre la aplicación de biotecnologías y fitosanitarios sugieren la necesidad de desarrollar políticas que equilibren los beneficios económicos y la reducción del uso de pesticidas, sin comprometer la productividad del sector agrícola (Lee et al., 2022; Oyenpemi et al., 2023). En este sentido, se plantea la utilidad de los nanosensores para mejorar la detección y gestión de contaminantes, elevando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad del sector (Shenashen et al., 2022; Su et al., 2021).

Este enfoque integrado hacia la seguridad alimentaria destaca la relevancia de abordar tanto la eficiencia productiva como los aspectos de salud pública y sostenibilidad ambiental para promover un desarrollo agrícola que sea sostenible y seguro para todos.

Metodología

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, explorando tanto dimensiones descriptivas como correlacionales. Se utilizan fuentes secundarias para recopilar datos relevantes sobre el uso de fitosanitarios en productos agrícolas, tanto transitorios como permanentes, obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) de Ecuador, específicamente de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). La eficiencia agrícola se mide mediante los rendimientos por hectárea (t/ha), con datos provenientes del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). Además, se examinan las externalidades, representadas por los fallecimientos debido a neoplasia maligna de estómago, utilizando datos del Registro Estadístico de Defunciones Generales de Ecuador durante el período 2018-2022.

En esta investigación, se seleccionó una muestra de manera discrecional, incluyendo seis productos agrícolas (tres permanentes y tres transitorios) y los datos de fallecimientos por neoplasia maligna de estómago en quince provincias ecuatorianas, abordando así las externalidades identificadas. En el análisis descriptivo, se empleó el algoritmo de ordenamiento por inserción para clasificar los productos agrícolas según su uso de fitosanitarios y establecer un ranking. Además, se calcularon estadísticas descriptivas, proporcionando una visión detallada de la distribución de los datos.

Para el análisis correlacional, inicialmente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, adecuada para muestras de menos de 50 observaciones. Los resultados de esta prueba determinaron la elección entre pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas para analizar las relaciones entre las variables estudiadas (Flores Tapia & Flores Cevallos, 2021). La metodología empleada se formaliza en la ecuación 1, donde se especifica el estadístico utilizado para evaluar la normalidad de las distribuciones.

Este enfoque estructurado asegura un análisis detallado de los impactos del uso de fitosanitarios en la agricultura y sus consecuencias tanto en términos de eficiencia productiva como de salud pública en Ecuador.

$$w = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad [1]$$

Los resultados de las pruebas de normalidad indicaron la viabilidad de utilizar pruebas paramétricas, por lo que se llevaron a cabo pruebas ANOVA para determinar diferencias significativas entre medias de datos y para identificar la pertinencia del modelo de regresión lineal, representadas por la ecuación 2.

$$F = \frac{MS_{entre}}{MS_{dentro}} \quad [2]$$

Se generaron diagramas de dispersión con ecuaciones tanto para el uso de fitosanitarios y su rendimiento en productos transitorios como permanentes, y también se establecieron el R² lineal y el R² cúbico para evaluar qué proporción de la variabilidad en la variable dependiente es explicada por la variable exógena. De este modo, se desarrolló un modelo de regresión lineal para relacionar el uso de fitosanitarios y el rendimiento de los productos agrícolas permanentes, evaluando los supuestos necesarios para la validez de esta, el cual se representa mediante la ecuación 3.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad [3]$$

Donde:

Y : Eficiencia en la producción agrícola.

β_0 : Es la intersección o constante.

β_1 : Es la pendiente, que representa la tasa de cambio en Y por cada unidad de cambio en X.

X : Uso de fitosanitarios.

ϵ : Es el término de error.

También se analizó la relación entre el uso de fitosanitarios y los fallecimientos por neoplasia maligna del estómago en grupos de provincias mediante la correlación de Pearson.

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad [4]$$

Resultados

El presente estudio se centró en evaluar la eficiencia de la producción agrícola y las externalidades asociadas, específicamente a través del análisis de rendimientos y el uso de fitosanitarios, y su relación con los fallecimientos por neoplasia maligna de estómago. Para

alcanzar los objetivos planteados, se recurrió a métodos cuantitativos como un algoritmo de ordenamiento, estadísticas descriptivas y regresión lineal, utilizando datos proporcionados por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Las herramientas de software empleadas incluyeron Microsoft Excel para la organización de datos y SPSS versión 25.0 de IBM Corp para realizar análisis avanzados, lo cual facilitó la identificación de patrones y relaciones clave para deducir conclusiones sobre la productividad agrícola y su impacto en la salud.

Dentro de los resultados obtenidos, se abordó el primer objetivo específico que consistió en determinar el ranking de uso de fitosanitarios en productos agrícolas, tanto transitorios como permanentes. Para esto, se aplicó la metodología de Ordenamiento por Inserción, descrita por Joyanes Aguilar (2008) un algoritmo que organiza los elementos de manera eficiente, insertando cada uno en su posición correspondiente. Además, se calcularon estadísticas descriptivas para los tres productos agrícolas transitorios seleccionados, proporcionando una base sólida para la jerarquización en el ranking.

Posteriormente, se procedió a examinar la productividad de los productos agrícolas en los que se utilizaron fitosanitarios. Se presentaron los datos en una tabla que exhibe el ranking del uso de fitosanitarios en productos transitorios y sus respectivos rendimientos. Según INEC (2023), los cultivos transitorios o de ciclo corto son aquellos cuyo crecimiento o ciclo vegetativo dura menos de un año, lo que implica que, tras la cosecha, las plantas son removidas y es necesario replantarlas para una nueva producción. Este análisis subraya la importancia de estudiar el uso de fitosanitarios y su impacto tanto en la eficiencia productiva como en la salud pública, enfatizando la necesidad de políticas agrícolas que promuevan prácticas sostenibles.

Tabla 1. Ranking de productos transitorios que usan fitosanitarios medido en kg/ha y sus respectivos rendimientos medidos en t/ha

Uso de fitosanitarios en kg/ha	Ranking	Años					Rendimientos en t/ha					
		Productos	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
1		Papa	417,48	458,21	468,40	483,37	577,16	12,18	23,42	16,41	12,82	14,03
		Variación		10%	2%	3%	19%		92%	-30%	-22%	9%
2		Brócoli	265,89	593,90	442,35	415,47	319,03	16,45	17,11	18,15	18,37	15,5
		Variación		123%	-26%	-6%	-23%		4%	6%	1%	-16%
3		Tomate riñón	310,27	358,87	439,99	409,71	358,76	20,62	22,55	14,91	33,51	28,87
		Variación		16%	23%	-7%	-12%		9%	-34%	125%	-14%

Fuente: elaboración propia

La Tabla 1 expone un análisis detallado sobre el uso de fitosanitarios, rendimientos y variaciones porcentuales de productos agrícolas transitorios en Ecuador, incluyendo papa, brócoli

y tomate riñón. La papa se destaca por sus altos rendimientos, alcanzando un pico en 2022 con un incremento del 19% comparado con el año anterior. La variabilidad en los rendimientos de la papa muestra una tendencia fluctuante pero generalmente positiva, reflejando su importancia no solo agronómica y económica, sino también cultural, siendo un alimento esencial para las familias campesinas (Cobos Mora et al., 2022).

El brócoli es el siguiente cultivo en el ranking por uso intensivo de fitosanitarios. Exhibe una notable disminución en el uso de fitosanitarios (kg/ha) como en sus rendimientos, los cuales presentaron una reducción del 23% y 16%, respectivamente, en el último año analizado. Esta tendencia puede estar relacionada con la concentración de su producción en seis provincias, siendo Cotopaxi la más predominante, donde se encuentra el 79% de la superficie cultivada, seguida de Tungurahua con el 16%. Esta reducción del 29% en la producción en 2021 también indica una disminución correlativa en el uso de fitosanitarios (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021).

Por otro lado, el tomate riñón, que ocupa el tercer lugar en el ranking, ha mostrado un comportamiento irregular en el uso de fitosanitarios a lo largo del periodo estudiado. A pesar de un pico en 2020, el uso continuo y diversificado de fitosanitarios en este cultivo se justifica por los altos rendimientos que logra, lo cual es crucial dado que el tomate es particularmente susceptible a diversas plagas en sus distintas etapas fenológicas (Castillo Pérez & Castillo Bermeo, 2021).

La misma metodología aplicada a los productos transitorios se extendió a los productos permanentes, presentando un ranking de uso de fitosanitarios y rendimientos que cumplen con el segundo objetivo del estudio. Según INEC (2023), los cultivos permanentes o perennes se siembran una sola vez y, aunque tardan en ser productivos, pueden cosecharse repetidamente durante varios años sin necesidad de replantación, simplificando así el ciclo de cosecha.

Tabla 2. Ranking de productos permanentes que usan fitosanitarios medido en kg/ha y sus respectivos rendimientos medidos en t/ha

Uso de fitosanitarios en kg/ha	Ranking	Años					Rendimientos en t/ha	Años				
		Productos	2018	2019	2020	2021		2022	2018	2019	2020	2021
1		Banano	746,76	682,16	827,74	1062,29	623,41	40,67	35,91	37,5	40,74	36,28
		Variación		-9%	21%	28%	-41%		-12%	4%	9%	-11%
2		Piña	362,70	207,89	271,19	551,63	919,51	30,74	11,45	31,82	42,13	48,47
		Variación		-43%	30%	103%	67%		-63%	178%	32%	15%
3		Tomate de árbol	460,33	597,02	412,84	367,68	139,82	11,03	14,43	10,15	6,68	13,22
		Variación		30%	-31%	-11%	-62%		31%	-30%	-34%	98%

Fuente: elaboración propia

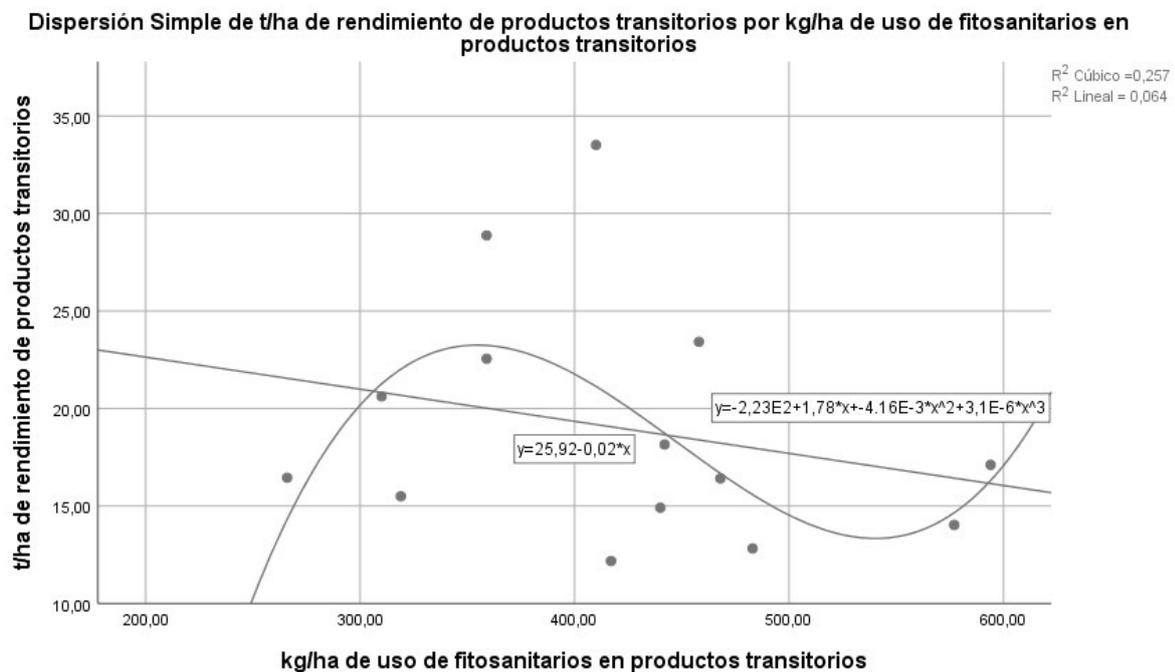
La Tabla 2 detalla los productos agrícolas permanentes en el ranking, enfocándose en el banano, la piña y el tomate de árbol. El banano se destaca por el uso intensivo de fitosanitarios, alcanzando un aumento del 28% en 2021 comparado con el año anterior. Este incremento se corresponde con un aumento del 9% en rendimiento, impulsado por un crecimiento del 11% en la producción y un 2% en la superficie cosechada, contrastando con las caídas registradas en 2020 de un 9% en producción y un 12% en superficie cosechada (Corporación Financiera Nacional, 2023). Además, el cultivo de banano en Ecuador es notable por el uso extensivo de diversos fertilizantes que buscan aumentar la producción y, consecuentemente, las divisas, consolidando su posición entre los principales exportadores mundiales (Avellán Vásquez et al., 2020).

En 2019 la piña enfrentó desafíos significativos, evidenciados por una disminución del 43% en el uso de fitosanitarios y del 63% en rendimiento, lo que refleja un periodo complicado para este sector en términos de rendimiento y respaldo financiero (Corporación Financiera Nacional, 2020). Sin embargo, esta fruta tropical ha mostrado un crecimiento sostenido en el uso de fitosanitarios y su rendimiento alcanzando cifras elevadas en 2022.

El tomate de árbol registró un pico en el uso de fitosanitarios y rendimiento en 2019, coincidiendo con la primera exportación de fruta fresca de este tipo a Estados Unidos. Sin embargo, en 2022 se observó una disminución significativa del 66% en el uso de fitosanitarios, atribuida a un incremento en la adopción de bioles y abonos orgánicos como estrategias para reducir costos, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2017).

En cuanto al análisis estadístico, se buscó confirmar la relación entre la productividad y el uso de fitosanitarios en los productos agrícolas estudiados. Se realizaron pruebas de normalidad, ANOVA y regresiones lineales utilizando el software estadístico SPSS. La prueba de Shapiro-Wilk confirmó la normalidad de los datos, con un p-valor superior a 0,05, lo que permite el uso de pruebas paramétricas. El ANOVA para productos transitorios mostró un p-valor superior a 0,05, indicando que no hay diferencias significativas en el uso de fitosanitarios entre estos productos, mientras que para los productos permanentes el p-valor fue menor a 0,05, sugiriendo diferencias significativas. Esto destaca la relevancia de los productos permanentes en el estudio y justifica un análisis más profundo de la relación entre rendimiento y uso de fitosanitarios, mediante gráficos de dispersión simple para cada grupo de productos.

Figura 1. Diagrama de dispersión de rendimiento por uso de fitosanitarios en productos transitorios

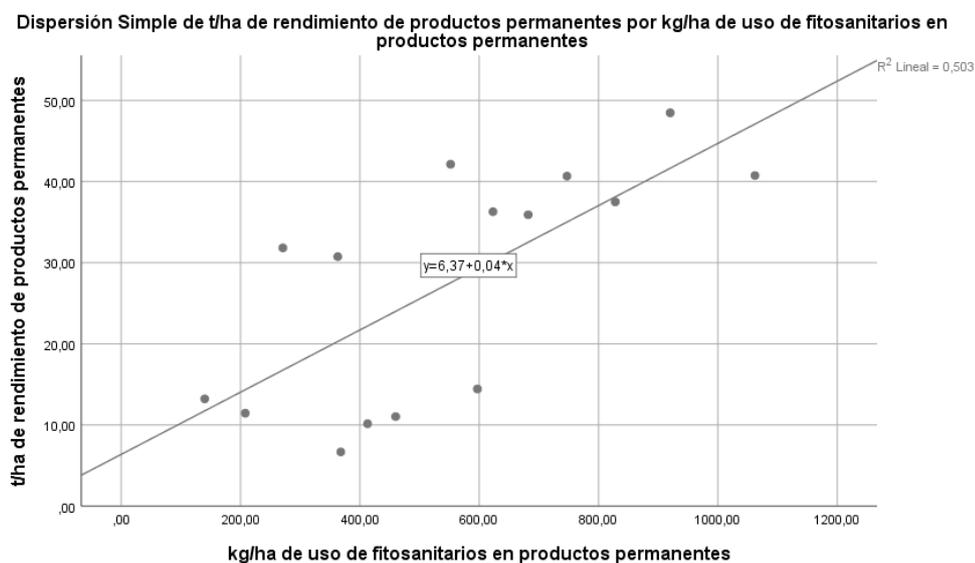


Fuente: elaboración propia

Mediante SPSS, se crearon dos ecuaciones (lineal y cúbica) para graficar, evaluando el coeficiente de determinación (R^2) que indica la proporción de variabilidad en la variable dependiente explicada por el modelo estadístico. En la Figura 1, se observa un R^2 lineal de 0,064 y un R^2 cúbico de 0,257. Los resultados sugieren que la relación entre las variables no es lineal, y el modelo cúbico captura más variabilidad, aunque su valor no es lo suficientemente alto para ser relevante en este estudio.

Tras revisar los resultados del ANOVA y la distribución, se concluye que, en el caso de los productos transitorios, el rendimiento no está condicionado por el uso de fitosanitarios. Esto podría atribuirse a prácticas más rudimentarias en estos cultivos, donde se emplean frecuentemente fertilizantes y abonos orgánicos elaborados por los propios agricultores para sus pequeñas huertas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021).

Figura 2. Diagrama de Dispersión de rendimiento por uso de fitosanitarios en productos permanentes



Fuente: elaboración propia

En la Figura 2 se puede observar la dispersión de rendimiento de productos permanentes por uso de fitosanitario, encontrando la ecuación y también el R^2 lineal el cual es de un valor de 0,503 lo que significa que alrededor del 50,3% de la dispersión en los valores de la variable dependiente puede ser explicada por la relación lineal establecida por el modelo. Por este motivo y por los resultados obtenidos en el ANOVA se decidió continuar el proceso para comprobar los supuestos del modelo y por ende determinar la verdadera relación que puede existir entre ambas variables de estudio y a continuación se muestran los resultados del modelo.

Tabla 3. Regresión lineal simple entre los rendimientos y el uso de fitosanitarios en productos permanentes

Resumen del modelo					
R	R cuadrado		R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	
0,709	0,503		0,464	10,56410	
Coeficientes					
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	6,370	6,414		0,993	0,339
kg/ha de uso de fitosanitarios en productos permanentes	0,038	0,011	0,709	3,625	0,003

Fuente: elaboración propia

Además, se presentan los resultados de las pruebas realizadas para verificar los supuestos del modelo de regresión lineal, incluyendo la independencia de errores, la no colinealidad, y la homocedasticidad. La normalidad de los datos ya fue evaluada anteriormente en el estudio, concluyendo con la prueba de Shapiro-Wilk que todos los datos utilizados son normales. La linealidad también fue confirmada mediante gráficos de dispersión.

Los resultados para otros supuestos del modelo se analizan a continuación. Primero, el estadístico Durbin-Watson, utilizado para verificar la independencia de errores, muestra un valor de 0,984, lo que sugiere una ligera dependencia entre ellos. Sin embargo, dado que se trata de una regresión lineal con una sola variable explicativa y que el ajuste es adecuado, se acepta el modelo. En relación con la no colinealidad, los resultados muestran una tolerancia superior a 0,10 y un Factor de Inflación de la Varianza (VIF) menor a 10, cumpliendo así con este supuesto. El gráfico de dispersión corroboró la homocedasticidad, evidenciando una dispersión constante de errores a lo largo de la variable explicativa.

Se procede a interpretar la tabla de resultados del modelo de regresión lineal simple. El R^2 del modelo es 0,503 indicando que aproximadamente el 50,3% de la variabilidad en el rendimiento de productos permanentes se explica por el uso de fitosanitarios. La variable “uso de fitosanitarios en productos permanentes” presenta un coeficiente estadísticamente significativo ($p = 0,003$), revelando una relación significativa entre el uso de fitosanitarios y el rendimiento de estos productos. Aunque la constante no resultó ser significativa ($p = 0,339$), el coeficiente asociado con el uso de fitosanitarios sí lo es, sugiriendo una relación positiva entre este uso y el rendimiento.

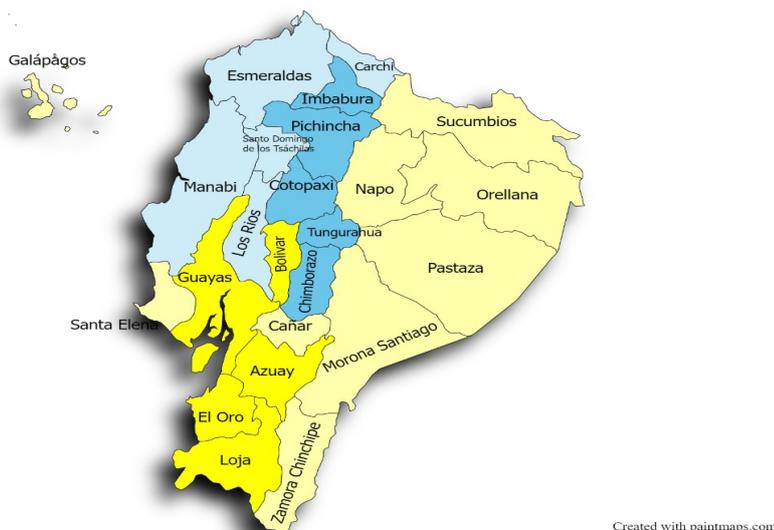
En el contexto de los productos permanentes, el banano es un ejemplo destacado, donde el uso de pesticidas para controlar plagas y enfermedades es común, especialmente en plantaciones destinadas a la exportación que operan durante todo el año. La proliferación de plagas en las regiones tropicales, donde se ubican la mayoría de los cultivos de banano, hace que estos sean susceptibles a infestaciones. Los pesticidas son esenciales para controlar amenazas como la Sigatoka Negra, que puede reducir los rendimientos hasta en un 50% (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Organización Mundial de la Salud, 2017).

La piña, otro cultivo permanente de creciente demanda internacional, ha ganado relevancia en el mercado ecuatoriano. La exportación de piña en cantidades significativas requiere cumplir con rigurosas normas fitosanitarias para mejorar la eficiencia y satisfacer la demanda local e internacional. Ecuador se posiciona como uno de los principales exportadores de piña, contribuyendo anualmente con un promedio de aproximadamente USD 37 millones a la balanza comercial en los últimos once años (Chávez et al., 2022).

En la segunda parte del tercer objetivo, que vincula la productividad medida por el uso de fitosanitarios en la agricultura con la afectación en la salud humana, específicamente la neoplasia

maligna de estómago como una externalidad negativa, se obtuvo información de provincias de las regiones Sierra y Costa. Estas provincias fueron seleccionadas por su destacada producción de productos agrícolas, tanto transitorios como permanentes, y se dividieron en tres grupos representados en el siguiente mapa con colores azul, amarillo y celeste para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente.

Figura 3. Mapa del territorio ecuatoriano con la identificación de los tres Grupos de estudio



Nota. Mapa del Ecuador con tres grupos definidos para el estudio. Fuente: Elaboración propia con la página web Paint Maps.

Se realizaron correlaciones entre los tres grupos y los seis productos del ranking. Inicialmente, se llevaron a cabo pruebas de normalidad para decidir el tipo de correlación a aplicar. Los resultados de la prueba Shapiro-Wilk, aplicada debido al tamaño de los datos, indican que, en todas las variables utilizadas para el análisis, el p-valor es mayor a 0,05. Por lo tanto, se aplicó la correlación de Pearson para cuantificar la relación lineal entre el número de fallecimientos por neoplasia maligna de estómago, representando las externalidades en los tres grupos, y el uso de fitosanitarios.

Tabla 4. Correlaciones de Pearson aplicadas a los fallecimientos por cáncer de estómago en los tres Grupos y el uso de fitosanitarios en los seis productos

		Papa	Brócoli	Tómate riñón	Banano	Piña	Tómate de árbol
Gru- po 1	Correlación de Pearson	0,005	0,576	,917*	0,725	-0,248	0,149
	Sig. (bilateral)	0,994	0,309	0,028	0,165	0,688	0,811

		Papa	Brócoli	Tómate riñón	Banano	Piña	Tómate de árbol
Grupo 2	Correlación de Pearson	0,833	-0,264	0,289	-0,399	0,656	-0,808
	Sig. (bilateral)	0,080	0,668	0,637	0,506	0,229	0,098
Grupo 3	Correlación de Pearson	-0,374	0,422	-0,543	-0,070	-0,317	0,612
	Sig. (bilateral)	0,535	0,480	0,344	0,912	0,603	0,273

Fuente: elaboración propia

La correlación positiva entre el aumento en el uso de fitosanitarios en el tomate riñón y el aumento en los fallecimientos por cáncer de estómago en el grupo 1 con un coeficiente de Pearson de 0.917 y un p-valor de 0.028, destaca no solo por su relevancia estadística sino también por sus implicaciones sociales y económicas. Este resultado sugiere un vínculo preocupante entre las prácticas agrícolas intensivas y la salud pública, especialmente en las provincias ecuatorianas mencionadas, donde el tomate riñón es significativo tanto económicamente como en términos de empleo.

La discusión sobre este hallazgo resalta la necesidad de considerar las prácticas de manejo de plaguicidas y su regulación. Como indica Castillo Pérez & Castillo Bermeo (2021), la gestión rudimentaria y la incorrecta dosificación de químicos en la producción de tomate pueden llevar a la residualidad de pesticidas, potenciando el riesgo de exposición a sustancias nocivas. Este aspecto es crucial en zonas donde el cultivo se realiza bajo invernaderos, ya que las condiciones pueden favorecer la persistencia de residuos tóxicos en los alimentos.

La bibliografía revisada apunta a que la relación entre el uso de fitosanitarios y la salud pública debería ser un área prioritaria de estudio, dada la importancia del sector agrícola en la economía ecuatoriana y su impacto en la vida cotidiana de miles de trabajadores y consumidores. Las investigaciones futuras podrían enfocarse en desarrollar métodos de cultivo más sostenibles y menos dependientes de químicos, promoviendo prácticas agrícolas que mitiguen los riesgos para la salud y el ambiente.

En el contexto más amplio, la significancia de estos resultados también impulsa el debate sobre políticas agrícolas y de salud pública. La implementación de regulaciones más estrictas y la promoción de alternativas orgánicas o biopesticidas podrían ser medidas eficaces para reducir los niveles de residuos en los cultivos. Adicionalmente, la educación y capacitación de los agricultores sobre el uso adecuado y seguro de pesticidas es fundamental para prevenir impactos negativos en la salud y el ambiente.

Conclusiones

El uso adecuado de fitosanitarios emerge como un estímulo efectivo para mejorar la eficiencia en la producción agrícola, especialmente en el caso de cultivos permanentes como el banano, la piña y el tomate de árbol. Estos productos químicos, al proporcionar una defensa eficaz contra plagas y enfermedades, contribuyen a mantener la salud de los cultivos, asegurando rendimientos consistentes y de alta calidad. Esto se evidencia en los rendimientos que tiene cada uno de los productos estudiados conforme pasan los años mientras crece o decrece el uso de fitosanitarios puesto que el promedio de variación en el uso de fitosanitarios es aproximadamente de 1,07% y el promedio de variación en rendimientos es de 2,5%.

También el ranking permitió descubrir que en el caso de los productos transitorios los tres principales con uso de fitosanitarios son la papa, el brócoli y el tomate riñón, tomando en cuenta que este último al relacionarlo con el número de fallecimientos por cáncer de estómago presentó una correlación positiva con el grupo de estudio número 1, el cual comprende a Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Pichincha e Imbabura, debido a que el uso de fitosanitarios en el cultivo de tomate riñón por parte de agricultores de la Sierra se justifica por su capacidad para aumentar rendimientos, prevenir plagas y mejorar el tamaño de los frutos. Estos agricultores dependen de la venta de sus productos para ingresos familiares y en busca de rentabilidad, utilizan fitosanitarios a pesar de sus implicaciones para la salud pública.

En este sentido, la falta de conocimiento y la aplicación inadecuada de fitosanitarios pueden representar riesgos para la salud pública al contribuir a la presencia de residuos de agroquímicos en los alimentos. La exposición a estos residuos puede tener efectos adversos a largo plazo en la salud, incluyendo posiblemente un aumento en el riesgo de cáncer de estómago.

En contraste a ello, se hizo un hallazgo importante y es que en el caso del tomate de árbol el uso de fitosanitarios de carácter químico ha ido decreciendo con el tiempo, llegando a la actualidad a su pico más bajo, esto se encuentra explicado porque los productores han optado por el uso de abonos y fertilizantes orgánicos que no solo ayudan a la nutrición de la planta sino también al cuidado del suelo, lo que a largo plazo podría permitir una mayor eficiencia en la producción.

Referencias

Abbou, M., Chabbi, M., Ayadi, M., Zantar, S., & Benicha, M. (2022). Assessing environmental impacts of pesticide usage in oiled seed ecosystems using environmental pesticide pressure indicators: a case study of groundnut in Loukkos plain, north-west Morocco. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 3349–3367. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02828-z>

- Avellán Vásquez, L., Cobeña Loor, N., Estévez Chica, S., Zamora Macías, P., Vivas Cedeño, J., González Ramírez, I., & Sánchez Urdaneta, A. (2020). Exportación y eficiencia en el uso de fósforo en plátano “barraganete”. *Revista Fitotec*, 43(1), 25–33.
- Burgo Bencomo, O. B., Zambrano Morales, Á. A., Izquierdo Vera, R. M., García Saltos, M. B., Capa Benítez, L. B., & Juca Maldonado, F. (2019). Impacto de la producción agrícola alternativa en PyMEs bananeras con enfoque agroecológico. *Revista Espacios*, 40(4), 1–10.
- Castillo Pérez, B., & Castillo Bermeo, V. (2021). Uso de plaguicidas químicos en tomate riñón en condiciones de invernadero y campo en Loja, Ecuador. *Revista Del Centro de Estudio y Desarrollo de La Amazonía*, 11(1), 22–41.
- Chagerben, L., Moreno, N., & Chagerben, W. (2020). El crédito productivo y su incidencia en la producción agrícola del Ecuador. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 6, 11–36. <https://doi.org/10.32719/25506641.2019.6.1>
- Chávez, D., Mantilla, M., & Benitez, K. (2022). *Las exportaciones de piña ecuatoriana, principales determinantes bajo el modelo gravitacional* [Congreso]. 1er Congreso Universal de Las Ciencias y La Investigación. <https://doi.org/10.5867/medwave.2022.S2.UTA089>
- Cobos Mora, F., Moran, E. H., Litardo, R. M., & Orellana Hidalgo, E. (2022). El cultivo de papa, recursos genéticos y retos para el futuro Potato cultivation, genetic resources and challenges for the future. *Journal of Science and Research*, 7, 212–230.
- Corporación Financiera Nacional. (2020). *Ficha sectorial: Otros cultivos de frutas tropicales y subtropicales*. <https://lc.cx/oGv803>
- Corporación Financiera Nacional. (2023). *Ficha sectorial: Banano*. <https://lc.cx/40MC6I>
- Elgueta, S., Correa, A., Valenzuela, M., Hernández, J. E., Liu, S., Lu, H., Saavedra, G., & Kehr, E. (2021). *Pesticide residues in vegetable products and consumer's risk in the agri-food value chain*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51047-3_6
- Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. L. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas*, 23(2), 2021.
- Hader, J. D., Lane, T., Boxall, A. B. A., MacLeod, M., & Di Guardo, A. (2022). Enabling forecasts of environmental exposure to chemicals in European agriculture under global change. In *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156478>
- INEC. (2023). Conceptos Básicos: Información Agroambiental y Tecnificación Agropecuaria, ESPAC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/conceptos-basicos/>
- Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de Programación*. McGraw-Hill.
- Lee, S., Moschini, G., & Perry, E. D. (2022). Genetically engineered varieties and applied pesticide toxicity in U.S. maize and soybeans: Heterogeneous and evolving impacts. *Ecological Economics*, 211, 1–27.

- Mankiw, G. (2012). *Principios de Economía*. Cengage Learnig.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). Uso de bioles orgánicos aumenta producción de tomate de árbol. <https://lc.cx/ddqash>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). Boletín situacional: Cultivo de brócoli. <https://fliphtml5.com/ijia/hzpx/basic>
- Mochón, F. (2006). *Principios de economía*. McGraw-Hill.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Organización Mundial de la Salud. (2017). Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS. <https://www.fao.org/3/I5713s/I5713s.pdf>
- Oyenpemi, L. O., Tijani, A. A., & Kehinde, A. D. (2023). What determines a sustained use of approved pesticides for cleaner production and its impact on yield? Evidence from the cocoa industry in Osun State, Nigeria. *Cleaner and Responsible Consumption*, 9, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100113>
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34–38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>
- Shenashen, M. A., Emran, M. Y., El Sabagh, A., Selim, M. M., Elmarakbi, A., & El-Safty, S. A. (2022). Progress in sensory devices of pesticides, pathogens, coronavirus, and chemical additives and hazards in food assessment: Food safety concerns. *Progress in Materials Science*, 124.
- Sotelsek Salem, D. F., & Laborda Castillo, L. (2019). Desarrollo y productividad agrícola en América Latina: el problema de la medición. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(1), 61–84.
- Su, D., Li, H., Yan, X., Lin, Y., & Lu, G. (2021). Biosensors based on fluorescence carbon nanomaterials for detection of pesticides. *TrAC–Trends in Analytical Chemistry*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116126>
- Zúñiga Venegas, L., Saracini, C., Pancetti, F., Muñoz Quezada, M. T., Lucero, B., Foerster, C., & Cortés, S. (2021). Exposición a plaguicidas en Chile y salud poblacional: urgencia para la toma de decisiones. *Gaceta Sanitaria*, 35(5), 480–487. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.04.020>

Production efficiency and externalities in banana, pineapple, tree tomato and kidney tomato

Eficiência produtiva e externalidades em banana, abacaxi, tomate arbóreo e tomate rasteiro

Anahí Belén Marcial Ulloa

Universidad Técnica de Ambato | Ambato | Ecuador
<https://orcid.org/0009-0008-6224-4509>
anahismari12@hotmail.com

Economista graduada de la Universidad Técnica de Ambato apasionada por su campo de estudio. Su dedicación y esfuerzo la han llevado a alcanzar sus metas académicas, y ahora está lista para contribuir con su conocimiento y habilidades al mundo profesional.

Lilián Victoria Morales Carrasco

Universidad Técnica de Ambato | Ambato | Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-7026-4544>
lilianmorales@uta.edu.ec

Doctora por la Universidad de Deusto–España, ex Becaria de la Cátedra Unesco para América Latina y el Caribe. Ha sido directora de la Escuela de Gerencia de Pymes en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y del Centro de Investigación Innovación y Desarrollo en la Universidad Tecnológica Indoamérica. Actualmente, es Profesora Titular e investigadora en la Universidad Técnica de Ambato, donde forma parte del grupo de investigación de Economía y y ha dirigido proyectos de investigación con fondos concursables.

Ana Consuelo Córdova Pacheco

Universidad Técnica de Ambato | Ambato | Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6330-3306>
anaccordova@uta.edu.ec

Docente investigadora de la Universidad Técnica de Ambato, Magister en Gerencia Financiera Empresarial, ha dictado cátedras enfocadas al campo amplio del conocimiento de Administración Empresas, en las carreras de Economía, Contabilidad, Administración y Finanzas.

Abstract:

In Ecuador, where agriculture is crucial to the economy, the increased use of phytosanitary products to improve agricultural productivity has had negative consequences. This study analyzes the efficiency of transient and permanent crops and their relationship with health. A descriptive study was used with data from the INEC Survey of Continuous Agricultural Area and Production and the Agricultural Public Information System to identify agricultural products with high levels of phytosanitary products and their yields. The inferential statistics revealed that the yield of permanent products such as bananas, pineapples and tree tomatoes depend on the use of phytosanitary products, and an association was found between the use of phytosanitary products and mortality,

particularly related to kidney tomatoes in the Andean region of Ecuador. These results are crucial for public policy makers, especially in health and phytosanitary control in Ecuador.

Keywords: Phytosanitary; Productivity; Health; Food Safety.

Resumo:

No Equador, onde a agricultura é fundamental para a economia, o aumento do uso de produtos fitossanitários para melhorar a produtividade agrícola teve consequências negativas. Este estudo analisa a eficiência de culturas transitórias e permanentes e sua relação com a saúde. Utilizou-se um estudo descritivo com dados do Levantamento de Área e Produção Agrícola Contínua do INEC e do Sistema de Informação Pública Agropecuária para identificar produtos agrícolas com altos teores de produtos fitossanitários e seus rendimentos. As estatísticas inferenciais revelaram que o rendimento de produtos permanentes como banana, abacaxi e tomate depende do uso de produtos fitossanitários, e foi encontrada uma associação entre o uso de produtos fitossanitários e a mortalidade, particularmente relacionada ao tomate rim na região andina do Equador. Esses resultados são cruciais para os formuladores de políticas, especialmente no controle fitossanitário e de saúde no Equador.

Palavras-chave: Fitossanitário; Produtividade; Saúde; Segurança alimentar.