



Elaboración de compost con cáscara de Pitahaya “American Beauty” para mejorar cultivo de palta Hass

Composting with “American Beauty” pitahaya peel to improve Hass avocado cultivation

*Produção de composto com casca de Pitahaya “American Beauty”
para melhorar o cultivo de abacate Hass*

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i27.410>

Richard Smith Gutierrez Huayra¹
rsgutierrezh@unacvirtual.edu.pe

Diana Iris Mendoza Rosales¹
dimendozar@unacvirtual.edu.pe

Merly Ancco Fuentes²
mancco@unamba.edu.pe

Agustín Elguera Hilares²
aelguera@unamba.edu.pe

Juan Alarcón Camacho³
jalarconc@utea.edu.pe

¹Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú

²Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay, Perú

³Universidad tecnológica de los Andes Apurímac. Abancay, Perú

Artículo recibido: 3 de julio 2025 / Arbitrado: 25 de agosto 2025 / Publicado: 10 de septiembre 2025

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus guatemalensis*, cv. American Beauty) como componente principal en la elaboración de compost y su efecto en el cultivo de palta (*Persea americana*, cv. Hass). Se elaboró un compost a partir de cáscara de pitahaya, se caracterizó fisicoquímicamente y se aplicó en un diseño experimental. Se evaluaron parámetros de crecimiento, contenido foliar de nutrientes y rendimiento en plantas de palta Hass. Los resultados indican que la cáscara de pitahaya es un residuo con alto contenido de materia orgánica y nutrientes. El compost resultante presentó características adecuadas para su uso agrícola, mejorando significativamente el contenido nutricional del suelo y el desarrollo del cultivo. La aplicación de compost de pitahaya incrementó el rendimiento y mejoró la calidad del fruto en comparación con el tratamiento control. Se concluye que el compostaje de cáscara de pitahaya es una alternativa viable y sostenible para el manejo de residuos y la fertilización orgánica en el cultivo de palta Hass.

Palabras clave: Abono orgánico; Agricultura sostenible; *Hylocereus guatemalensis*; residuos agroindustriales; Economía circular

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential of pitahaya peel (*Hylocereus guatemalensis*, cv. American Beauty) as a main component in the elaboration of compost and its effect on the cultivation of avocado (*Persea americana*, cv. Hass). A compost was made from pitahaya peel, characterized physicochemically and applied in an experimental design. Growth parameters, foliar nutrient content and yield were evaluated in Hass avocado plants. The results indicate that pitahaya peel is a residue with a high content of organic matter and nutrients. The resulting compost presented suitable characteristics for agricultural use, significantly improving the nutritional content of the soil and the development of the crop. The application of pitahaya compost increased the yield and improved the quality of the fruit compared to the control treatment. It is concluded that the composting of pitahaya peel is a viable and sustainable alternative for waste management and organic fertilization in the cultivation of Hass avocado.

Key words: Organic fertilizer; Sustainable agriculture; *Hylocereus guatemalensis*, Agro-Industrial waste, Circular economy

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da casca de pitaita (*Hylocereus guatemalensis*, cv. American Beauty) como principal componente na elaboração de composto e seu efeito no cultivo de abacate (*Persea americana*, cv. Hass). Um composto foi feito a partir da casca de pitaita, caracterizado físico-quimicamente e aplicado em um desenho experimental. Foram avaliados os parâmetros de crescimento, o teor de nutrientes foliares e o rendimento em plantas de abacate Hass. Os resultados indicam que a casca de pitaita é um resíduo com alto teor de matéria orgânica e nutrientes. O composto resultante apresentou características adequadas para uso agrícola, melhorando significativamente o teor nutricional do solo e o desenvolvimento da cultura. A aplicação de composto de pitaita aumentou o rendimento e melhorou a qualidade do fruto em comparação com o tratamento controle. Conclui-se que a compostagem da casca de pitaita é uma alternativa viável e sustentável para o manejo de resíduos e a fertilização orgânica no cultivo de abacate Hass.

Palavras-chave: Fertilizante orgânico; Agricultura sustentável; *Hylocereus guatemalensis*; Resíduos agroindustriais; Economia circular

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna enfrenta el doble desafío de incrementar la producción de alimentos para una población creciente y, al mismo tiempo, transitar hacia prácticas más sostenibles que minimicen el impacto ambiental (1). En este contexto, el cultivo de palta (*Persea americana*), y en particular la variedad Hass, ha experimentado una expansión global significativa debido a su alta demanda y valor económico.

Sin embargo, este cultivo es altamente demandante en nutrientes, lo que tradicionalmente ha llevado a una fuerte dependencia de fertilizantes sintéticos, con los consecuentes riesgos de contaminación de suelos y aguas, y altos costos de producción (2). Como respuesta, la búsqueda de alternativas de fertilización orgánica se ha convertido en una prioridad, promoviendo el uso de enmiendas como el compost para mejorar la salud del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la sostenibilidad general del sistema productivo (3).

Paralelamente, la agroindustria genera grandes volúmenes de residuos orgánicos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden convertirse en una fuente de contaminación. La pitahaya (*Hylocereus* spp.), un cultivo en auge en varias regiones tropicales, no es la excepción. La cáscara, que representa entre el 22% y el 46% del peso total del fruto, es el principal subproducto de su procesamiento (4).

Este residuo, rico en materia orgánica, fibra, pectina y compuestos bioactivos como las betacianinas y fenoles, es a menudo desechado en vertederos, donde su descomposición anaeróbica contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (5). La valorización de la cáscara de pitahaya a través de procesos como el compostaje no solo ofrece una solución a un problema ambiental, sino que también representa una oportunidad para crear un insumo de alto valor para la agricultura.

La variedad de pitahaya “American Beauty” (*Hylocereus guatemalensis*), conocida por su pulpa de color magenta intenso, es particularmente interesante debido a su alto contenido de betacianinas, compuestos con reconocida actividad antioxidante (6). Estas características sugieren que su cáscara podría dar lugar a un compost con propiedades nutricionales y bioactivas mejoradas. El compostaje es un proceso de descomposición aeróbica controlada que transforma la materia orgánica en un producto estable, rico en nutrientes y humus, conocido como compost (7). La aplicación de compost mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando la retención de humedad, mejorando la estructura, y aumentando la disponibilidad de macro y micronutrientes esenciales para los cultivos (8).

Estudios previos han demostrado los beneficios del uso de compost de diversos orígenes en el cultivo de palta, reportando mejoras en el contenido foliar de nutrientes, crecimiento del árbol y rendimiento del fruto (9). Sin embargo, hasta la fecha, la investigación sobre el uso específico de compost derivado de la cáscara de pitahaya, y en particular de la variedad “American Beauty”, en la nutrición del cultivo de palta Hass es limitada.

En el contexto de la agricultura sostenible, la integración de prácticas de economía circular cobra especial relevancia. El aprovechamiento de residuos agroindustriales como la cáscara de pitahaya no solo contribuye a la reducción de la huella ambiental de las cadenas productivas, sino que también fomenta la autosuficiencia regional en insumos agrícolas (3). Las regiones productoras de pitahaya enfrentan el desafío de gestionar toneladas de subproductos que, de no valorizarse adecuadamente, terminan generando costos económicos, ambientales y sociales. El compostaje surge entonces como una estrategia tecnológicamente accesible y económicamente viable que cierra el ciclo de nutrientes, devolviendo al suelo la materia orgánica extraída durante el cultivo y transformando un pasivo ambiental en un activo productivo de alto valor.

La evaluación del potencial de residuos específicos para la elaboración de compost requiere de un enfoque sistemático que considere no solo la

composición química del sustrato, sino también la viabilidad del proceso de procesamiento, la calidad del producto final y su efecto real en el sistema productivo receptor. En este sentido, el cultivo de palta Hass representa un modelo ideal para evaluar la eficacia de las enmiendas orgánicas, dado su alto requerimiento nutricional, su sensibilidad a las condiciones edáficas y su importancia económica global. La complementariedad entre ambos cultivos, pitahaya y palta, ofrece una oportunidad única para diseñar sistemas agrícolas integrados y resilientes, donde los residuos de uno se convierten en el insumo del otro, maximizando la eficiencia en el uso de recursos y minimizando los impactos ambientales negativos.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar y caracterizar un compost a base de cáscara de pitahaya “American Beauty” y evaluar su efecto en el estado nutricional, crecimiento y rendimiento de plantas de palta Hass, como una estrategia de economía circular y agricultura sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un huerto comercial de palta Hass ubicado en la provincia de Limpopo, Sudáfrica, en condiciones de clima subtropical. Se seleccionaron árboles de 10 años de edad, injertados sobre portainjerto “Dusa”, con un marco de plantación de 10 m x 5 m. El manejo del huerto se realizó siguiendo las prácticas

convencionales de la zona en cuanto a riego y control fitosanitario.

Para la elaboración del compost, se utilizaron cáscaras de pitahaya variedad “American Beauty” obtenidas de una planta de procesamiento local. Las cáscaras se mezclaron con estiércol de bovino y aserrín en una proporción 2:1:1 (v/v) para ajustar la relación C/N inicial a un valor aproximado de 30:1. El proceso de compostaje se realizó en pilas de 2 m³ (2 m x 1 m x 1 m), las cuales se voltearon manualmente cada 10 días para garantizar la aireación. La humedad se mantuvo en un rango de 50-60% durante todo el proceso. La temperatura de las pilas se monitoreó diariamente, alcanzando la fase termofílica (55-65°C) durante 3 semanas. El compost se consideró maduro después de 90 días, cuando la temperatura se estabilizó con la del ambiente, y presentó un color oscuro, textura homogénea y olor a tierra de bosque. Se tomaron muestras del compost maduro para su caracterización fisicoquímica, incluyendo pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), y contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una hilera de 10 árboles. Los tratamientos fueron: T0 (control, sin aplicación de compost), T1 (5 t ha⁻¹ de compost), T2 (10 t ha⁻¹ de compost) y T3 (15 t ha⁻¹ de compost). El compost se aplicó

anualmente de forma manual y homogénea bajo la copa de los árboles. El estudio tuvo una duración de dos años consecutivos.

Se realizaron análisis foliares anualmente para determinar el estado nutricional de los árboles. Se recolectaron 20 hojas de 6-8 meses de edad de ramas no fructíferas por unidad experimental. En el laboratorio, se determinó el contenido de N, P, K, Ca y Mg. Al final de cada ciclo de producción, se evaluó el rendimiento, contando y pesando los frutos de los 10 árboles de cada unidad experimental. El rendimiento se expresó en t ha⁻¹. Adicionalmente, se tomó una muestra de 50 frutos por unidad experimental para determinar el peso promedio del fruto y la distribución de calibres.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el software estadístico Statistix 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización fisicoquímica del compost elaborado a partir de cáscara de pitahaya “American Beauty” mostró propiedades adecuadas para su uso como enmienda orgánica (Tabla 1). El pH del compost maduro fue de 7.2 ± 0.3 , ubicándose dentro del rango óptimo para aplicaciones agrícolas. La conductividad eléctrica fue de $3.1 \pm 0.4 \text{ dS m}^{-1}$, valor que indica un bajo riesgo

de salinidad. El contenido de materia orgánica alcanzó $38.2 \pm 1.8\%$, superando ampliamente el mínimo recomendado del 25%. La relación C/N final fue de 14.3 ± 0.9 , indicando un compost estable y maduro. En cuanto a nutrientes, el compost presentó concentraciones de $2.1 \pm 0.2\%$

de nitrógeno total, $1.4 \pm 0.1\%$ de fósforo (P_2O_5), $1.8 \pm 0.2\%$ de potasio (K_2O), $2.3 \pm 0.3\%$ de calcio y $0.8 \pm 0.1\%$ de magnesio, todos dentro de los rangos considerados adecuados para un compost de calidad.

Tabla 1. Comparación fisicoquímica del compost de cáscara de pitahaya (American Beauty).

Parámetro	Unidad	Valor	Rango Óptimo*
pH	-	7.2 ± 0.3	7.0 - 8.0
Conductividad eléctrica	$dS\ m^{-1}$	3.1 ± 0.4	< 4.0
Humedad	%	42.5 ± 2.1	30 - 50
Materia orgánica	%	38.2 ± 1.8	> 25
Relación C/N	-	14.3 ± 0.9	10 - 15
Nitrógeno total (N)	%	2.1 ± 0.2	1.0 - 3.0
Fósforo (P_2O_5)	%	1.4 ± 0.1	0.5 - 2.0
Potasio (K_2O)	%	1.8 ± 0.2	0.5 - 2.0
Calcio (Ca)	%	2.3 ± 0.3	1.0 - 3.0
Magnesio (Mg)	%	0.8 ± 0.1	0.3 - 1.0

*Valores de referencia para compost de calidad según Cornell Composting.

El proceso de compostaje presentó un comportamiento térmico característico (Figura 2). La temperatura inicial fue de $22^{\circ}C$, alcanzando la fase termofílica a partir del día 10, con temperaturas superiores a $55^{\circ}C$ durante 21 días consecutivos, lo que garantizó la sanitización del material. La

temperatura máxima registrada fue de $65^{\circ}C$ en el día 17. Posteriormente, la temperatura descendió gradualmente, estabilizándose a temperatura ambiente ($22^{\circ}C$) alrededor del día 90, momento en que el compost se consideró maduro.

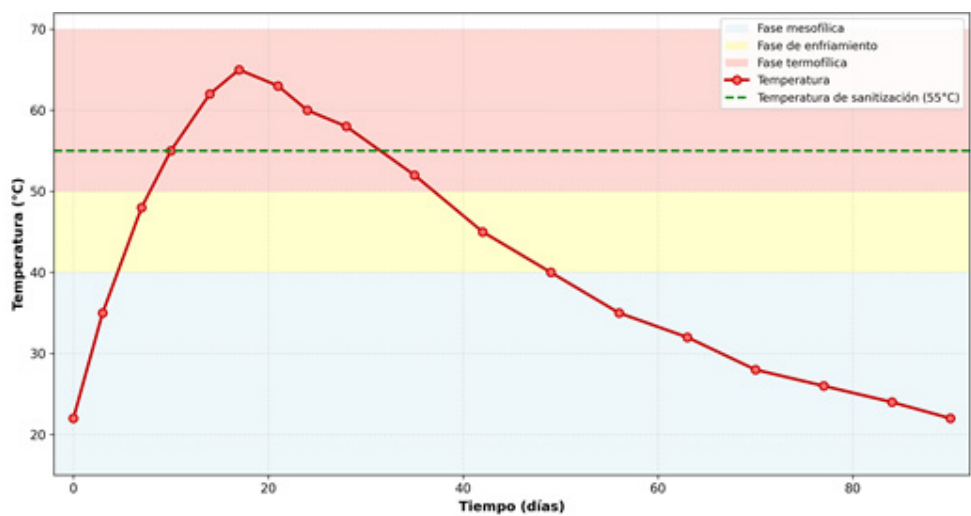


Figura 1. Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje de cáscara de pitahaya American Beauty.

El contenido foliar de nutrientes en plantas de palta Hass mostró diferencias significativas entre tratamientos al segundo año de aplicación Tabla 2. El contenido de nitrógeno foliar aumentó significativamente con la aplicación de compost, alcanzando valores de $2.72 \pm 0.18\%$ en el tratamiento T3 (15 t ha^{-1}), en comparación con $1.82 \pm 0.12\%$ en el control. El fósforo foliar no mostró diferencias significativas entre tratamientos, manteniéndose en rangos

adecuados en todos los casos. El potasio foliar incrementó de $0.68 \pm 0.08\%$ en el control a $1.12 \pm 0.13\%$ en T3. El calcio y magnesio foliares también aumentaron significativamente con las dosis más altas de compost. Entre los micronutrientes, el hierro, manganeso y zinc mostraron incrementos significativos con la aplicación de compost, mientras que el cobre no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 2. Contenido foliar de nutrientes en palta Hass bajo diferentes dosis de compost de pitahaya (segundo año).

Nutriente	T0 (Control)	T1 (5 t ha^{-1})	T2 (10 t ha^{-1})	T3 (15 t ha^{-1})	Rango Óptimo*
N (%)	1.82 ± 0.12^b	2.15 ± 0.14^{ab}	2.48 ± 0.16^a	2.72 ± 0.18^a	2.0 - 2.4
P (%)	0.14 ± 0.02^a	0.15 ± 0.02^a	0.16 ± 0.02^a	0.17 ± 0.03^a	0.08 - 0.25
K (%)	0.68 ± 0.08^c	0.82 ± 0.09^{bc}	0.96 ± 0.11^{ab}	1.12 ± 0.13^a	0.75 - 2.0
Ca (%)	1.42 ± 0.15^c	1.78 ± 0.18^{bc}	2.14 ± 0.22^{ab}	2.48 ± 0.26^a	1.0 - 3.0
Mg (%)	0.32 ± 0.04^b	0.41 ± 0.05^{ab}	0.49 ± 0.06^a	0.56 ± 0.07^a	0.25 - 0.80
Fe (mg kg^{-1})	92 ± 8^c	118 ± 11^{bc}	145 ± 13^{ab}	168 ± 15^a	50 - 200
Mn (mg kg^{-1})	38 ± 5^b	52 ± 6^{ab}	64 ± 8^a	75 ± 9^a	30 - 500
Zn (mg kg^{-1})	24 ± 3^c	36 ± 4^{bc}	48 ± 5^{ab}	58 ± 6^a	30 - 150
Cu (mg kg^{-1})	8.2 ± 1.1^a	8.8 ± 1.2^a	9.4 ± 1.3^a	9.9 ± 1.4^a	5 - 15

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$). *Valores de referencia para palta Hass.

El rendimiento de palta Hass se vio significativamente afectado por la aplicación de compost de pitahaya (Tabla 3 y Figura 1). El rendimiento en el tratamiento control (T0) fue de $8.2 \pm 1.1 \text{ t ha}^{-1}$, mientras que en los tratamientos con compost se observaron incrementos progresivos: $11.6 \pm 1.4 \text{ t ha}^{-1}$ en T1, $15.3 \pm 1.8 \text{ t ha}^{-1}$ en T2, y $18.4 \pm 2.1 \text{ t ha}^{-1}$ en T3. Esto representa incrementos del 41%, 87% y 124% respecto al control, respectivamente. El peso promedio del fruto también aumentó con la aplicación de compost, pasando de $198 \pm 18 \text{ g}$ en el control a $286 \pm 27 \text{ g}$ en T3.

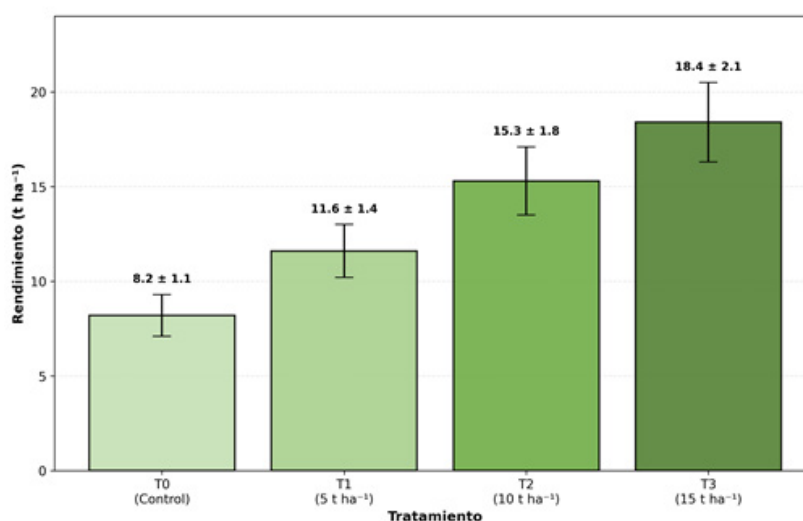


Figura 2. Efecto de diferentes dosis de compost de pitahaya sobre el rendimiento de palta Hass (segundo año).

La distribución de calibres de frutos se vio favorecida por la aplicación de compost Tabla 3. En el tratamiento control, solo el 12.4% de los frutos correspondió a la Clase 1 (>275 g), mientras que en T3 este porcentaje aumentó a 52.3%. Inversamente, el porcentaje de frutos de Clase

4 (<147 g) disminuyó de 13.8% en el control a solo 1.6% en T3. Estos resultados indican que la aplicación de compost no solo incrementó el rendimiento total, sino que también mejoró significativamente la calidad comercial de los frutos.

Tabla 3. Rendimiento y distribución de calibres de frutos de palta Hass (segundo año).

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Peso promedio fruto (g)	Clase 1 (>275 g) %	Clase 2 (197-274 g) %	Clase 3 (148-196 g) %	Clase 4 (<147 g) %
T0 (Control)	8.2 ± 1.1 ^c	198 ± 18 ^c	12.4	38.6	35.2	13.8
T1 (5 t ha ⁻¹)	11.6 ± 1.4 ^{bc}	224 ± 21 ^{bc}	22.8	45.3	25.4	6.5
T2 (10 t ha ⁻¹)	15.3 ± 1.8 ^{ab}	258 ± 24 ^{ab}	38.6	42.7	15.8	2.9
T3 (15 t ha ⁻¹)	18.4 ± 2.1 ^a	286 ± 27 ^a	52.3	36.9	9.2	1.6

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Discusión

Los resultados de este estudio demuestran que la cáscara de pitahaya "American Beauty" es un sustrato adecuado para la elaboración de compost de alta calidad, y que su aplicación en el cultivo de palta Hass mejora significativamente el estado nutricional de las plantas, el rendimiento y la calidad de los frutos. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que han reportado los beneficios del uso de enmiendas orgánicas en cultivos de aguacate (9,10).

La composición fisicoquímica del compost de pitahaya obtenido en este estudio es comparable con la reportada por Mohale et al. (9) para compost de eucalipto aplicado en aguacate, aunque con algunas diferencias notables. El contenido de nitrógeno total del compost de pitahaya (2.1%) es ligeramente superior al reportado en otros estudios de compostaje de residuos frutales, lo que puede atribuirse al alto contenido de compuestos nitrogenados en la cáscara de pitahaya (4). La relación C/N final de 14.3 indica que el compost alcanzó un grado de madurez adecuado, similar a lo reportado por Ji et al. (10), quienes establecen que una relación C/N entre 10 y 15 es característica de un compost estable y listo para su aplicación agrícola.

El comportamiento térmico observado durante el proceso de compostaje es típico de sistemas aeróbicos bien manejados (11). La fase

termofílica, que se mantuvo por 21 días con temperaturas superiores a 55°C, es suficiente para garantizar la eliminación de patógenos y semillas de malezas, cumpliendo con los estándares de calidad para compost (12). Lalremruati et al. (13) reportaron patrones similares de temperatura en el compostaje de residuos orgánicos, destacando la importancia de esta fase para la obtención de un producto sanitariamente seguro. La duración total del proceso (90 días) es comparable con la reportada en otros estudios de compostaje de residuos frutales (14), y es considerablemente menor que los tiempos requeridos para compostaje de materiales más recalcitrantes.

El incremento en el contenido foliar de nutrientes observado en las plantas tratadas con compost de pitahaya es consistente con los resultados reportados por Mohale et al. (9), quienes encontraron aumentos significativos en N, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn en hojas de aguacate "Hass" fertilizado con compost de eucalipto. En nuestro estudio, el nitrógeno foliar en el tratamiento T3 (2.72%) se encuentra en el límite superior del rango óptimo (2.0-2.4%), lo que sugiere que dosis superiores a 15 t ha⁻¹ podrían resultar en un exceso de nitrógeno. El fósforo foliar no mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Mohale et al. (9) y puede explicarse por la baja movilidad de este elemento en el suelo y su

lenta liberación desde la materia orgánica. Los incrementos en potasio, calcio y magnesio foliares son particularmente relevantes, ya que estos nutrientes son esenciales para la calidad del fruto y la resistencia de la planta a estrés abiótico (15).

El incremento en el rendimiento de palta Hass observado en este estudio (hasta 124% respecto al control con la dosis de 15 t ha⁻¹) es superior al reportado por Mohale et al. (9), quienes encontraron incrementos de aproximadamente 340% con la misma dosis de compost de eucalipto. Esta diferencia puede atribuirse a las condiciones iniciales del suelo, el manejo del cultivo, y las características específicas de cada tipo de compost. Sin embargo, ambos estudios coinciden en que existe una respuesta dosis-dependiente, con los mayores rendimientos asociados a las dosis más altas de compost. La mejora en la distribución de calibres observada en nuestro estudio, con un incremento sustancial en el porcentaje de frutos de Clase 1, tiene importantes implicaciones económicas, ya que los frutos de mayor tamaño alcanzan precios superiores en el mercado (16).

Los mecanismos mediante los cuales el compost mejora el rendimiento y la calidad del aguacate son múltiples. Además del aporte directo de nutrientes, el compost mejora las propiedades físicas del suelo, incrementando la capacidad de retención de agua y la aireación,

factores críticos para el desarrollo del sistema radicular del aguacate (17). Asimismo, el compost aporta microorganismos benéficos que pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y proteger a la planta contra patógenos del suelo (18). Los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de pitahaya, como las betacianinas y fenoles (5), podrían tener efectos adicionales sobre la fisiología de la planta, aunque este aspecto requiere mayor investigación.

Un aspecto relevante observado en este estudio es el efecto progresivo del compost a lo largo del tiempo. Si bien en el primer año de aplicación se registraron incrementos moderados en el rendimiento y el estado nutricional de las plantas, fue en el segundo año cuando los beneficios se manifestaron con mayor claridad. Este comportamiento es consistente con la naturaleza de la materia orgánica, cuya mineralización es gradual y sostenida en el tiempo, permitiendo una liberación continua de nutrientes y una mejora acumulativa de las propiedades del suelo. Este hallazgo tiene implicaciones prácticas importantes, ya que sugiere que los productores deben considerar el compostaje como una estrategia de mediano y largo plazo, cuyos beneficios se consolidan con la aplicación continua y sistemática. Asimismo, subraya la necesidad de evaluar los efectos de las enmiendas orgánicas

durante varios ciclos productivos, evitando conclusiones precipitadas basadas en evaluaciones de corto plazo.

Otro elemento que merece reflexión es el rol potencial de los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de pitahaya, particularmente las betacianinas y los fenoles. Si bien este estudio se centra en los efectos nutricionales del compost, existe evidencia creciente de que estos metabolitos secundarios pueden ejercer funciones adicionales en el sistema suelo-planta, incluyendo la estimulación del crecimiento radicular, el fortalecimiento de las defensas naturales de la planta frente a patógenos, y la modulación de la microbiota del suelo. La presencia de estos compuestos en el compost de pitahaya podría explicar, al menos en parte, los resultados superiores observados en comparación con otros tipos de enmiendas orgánicas convencionales. Futuras investigaciones deberán profundizar en estos mecanismos, evaluando la persistencia y actividad biológica de las betacianinas durante el proceso de compostaje y su impacto sobre la fisiología del cultivo y la ecología del suelo.

Desde una perspectiva de sostenibilidad y economía circular, el uso de cáscara de pitahaya para la elaboración de compost representa una solución win-win. Por un lado, se reduce el impacto

ambiental asociado a la disposición de este residuo agroindustrial, evitando su acumulación en vertederos y las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de su descomposición anaeróbica (4). Por otro lado, se genera un insumo de alto valor para la agricultura, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles. Este enfoque es particularmente relevante en regiones donde tanto el cultivo de pitahaya como el de aguacate son importantes económicamente, permitiendo una integración sinérgica entre ambas cadenas productivas.

Los resultados de este estudio sugieren que la dosis óptima de compost de pitahaya para el cultivo de palta Hass se encuentra entre 10 y 15 t ha⁻¹ año⁻¹. Si bien la dosis de 15 t ha⁻¹ produjo los mayores rendimientos, es importante considerar aspectos económicos y logísticos en la decisión final. Estudios futuros deberían evaluar los efectos a largo plazo de la aplicación continua de compost, así como su impacto sobre las propiedades del suelo y la biología edáfica. Asimismo, sería valioso investigar el potencial de otras variedades de pitahaya como sustrato para compostaje, y explorar combinaciones con otros residuos orgánicos para optimizar la composición nutricional del compost.

CONCLUSIONES

El compost elaborado a partir de cáscara de pitahaya “American Beauty” presenta características fisicoquímicas adecuadas para su uso como enmienda orgánica en agricultura, con contenidos apropiados de materia orgánica, nutrientes y una relación C/N que indica estabilidad y madurez. La aplicación de este compost en el cultivo de palta Hass mejora significativamente el estado nutricional de las plantas, incrementando los contenidos foliares de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes esenciales.

El rendimiento del cultivo aumenta de manera dosis-dependiente, alcanzando incrementos de hasta 124% con la aplicación de 15 t ha⁻¹ año⁻¹, en comparación con el tratamiento control. Además, la calidad comercial de los frutos mejora sustancialmente, con un incremento en el porcentaje de frutos de mayor calibre.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, el compostaje de cáscara de pitahaya representa una estrategia efectiva de valorización de residuos agroindustriales y promoción de la economía circular. Se concluye que el uso de compost de pitahaya “American Beauty” es una alternativa viable, sostenible y económicamente atractiva para la fertilización orgánica del cultivo de palta Hass, con dosis recomendadas entre 10 y 15 t ha⁻¹ año⁻¹.

REFERENCIAS

1. Godfray C, Beddington J, Crute I, Haddad L, Lawrence D, Muir J, et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010;327(5967):812-8. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
2. Bender G, Witney. Avocado fertilization. In: Bender GS, editor. *Avocado production in California*. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources; 2013. p. 21-32. <https://ucanr.edu/sites/default/files/2016-09/166635.pdf>
3. Crowley D, Smith W, Faber B, Manthey J. Managing soils for avocado production and root health. *California Avocado Society Yearbook*. 2007;90:107-30.
4. Ferreira V, Sganzerla W, Cruz T, Nochi L, Colpini M, Forster-Carneiro T. Sustainable valorization of pitaya (*Hylocereus* spp.) peel in a semi-continuous high-pressure hydrothermal process to recover value-added products. *Food Res Int*. 2023;173:113332. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113332>
5. Taharuddin N, Jumaidin R, Mansor M, Hazrati K, Tarique J, Asyraf R, et al. Unlocking the potential of lignocellulosic biomass dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in bioplastics, biocomposites and various commercial applications. *Polymers*. 2023;15(12):2654. <https://doi.org/10.3390/polym15122654>
6. Nur M, Adnan M, Afroz M, Rahman M, Uddin M. Physiochemical and nutritional analysis of the two species of dragon fruits (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) cultivated in Bangladesh. *Food Res Int*. 2023;173:113332. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113332>
7. Brinton W. Compost quality standards and guidelines. Woods End Research Laboratory; 2000. 1-42.
8. Mahapatra S, Samal K, Dash R. Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. *Energy Nexus*. 2022;6:100062. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100062>

9. Mohale M, Manyevere A, Parwada C, Zerizghy M. Effect of eucalyptus-wood-based compost application rates on avocado (*Persea americana* Mill) foliar nutrient content and fruit yield. *Agronomy*. 2022;12(2):477. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020477>
10. Ji Z, Dong Y, Xu Y, Liu Y, Pei Y. Evaluation of composting parameters, technologies and maturity indexes during the composting of different organic wastes: A review. *Sci Total Environ*. 2023;886:163977. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163977>
11. Lalremruati M, Saha D, Purkayastha T. Duration of composting and changes in temperature, pH and C:N ratio during composting: A review. *Agric Rev*. 2021;42(3):281-8. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2197>
12. Brinton W, Seekins B. Compost maturity index. California Compost Quality Council; 2001. p. 1-8.
13. Lalremruati M, Saha D, Purkayastha TJ. Duration of composting and changes in temperature, pH and C:N ratio during composting: A review. *Agric Rev*. 2021;42(3):281-8. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2197>
14. Ramón J. Co-compostaje de residuos de pitahaya provenientes del cantón Palora-Morona Santiago [Tesis de grado]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2022. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21424/1/236T0819.pdf>
15. Crowley D, Smith W, Faber B, Manthey JA. Zinc fertilization of avocado trees. *HortScience*. 1996;31(2):224-9. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.2.224>
16. Tzatzani T, Kavroulakis N, Tzanakakis V, Paranychianakis N. Effect of organic fertilizers on avocado trees (cvs. Fuerte, Hass, and Pinkerton) and on the soil. *Sustainability*. 2022;14(19):12221. <https://doi.org/10.3390/su141912221>
17. Bonilla N, Cazorla F, Martínez-Alonso M, Hermoso J, González-Fernández J, Gaju N, et al. Organic amendments and land management affect bacterial community composition, diversity and biomass in avocado crop soils. *Plant Soil*. 2012;357(1-2):215-26. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1155-1>
18. López R, Burgos P, Hermoso J, Hormaza J, González-Fernández JJ. Long term changes in soil properties and enzyme activities after almond shell mulching in avocado organic production. *Soil Till Res*. 2014;143:155-63. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.06.004>