



Evaluación de las Características Físicas y Químicas de Cuatro Cultivos de Soya Intercalados Con: Tomate, Cebolla, Pimentón y Berenjena

Evaluation of the Physical and Chemical Characteristics of Four Soy Crops Intercalated With: Tomato, Onion, Pepper and Eggplant

¹Rivera Barrero Carlos Antonio*, ²Saltaren García Laily, ³Lozano Moncaleano Juan Miguel

¹ Ingeniero Químico. Grupo Greycyt – Cedagritol. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. ✉Correo electrónico:

carivera@ut.edu.co;  ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0763-9176>

² bacterióloga, Grupo Cedagritol, Magister en Calidad y Gestión Integral USTA, Profesora Universidad del Tolima.

Ibagué, Colombia. ✉Correo electrónico: lsaltareng@ut.edu.co;  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6731-8457>

³ Ingeniero agroindustrial. Grupo GRECYT. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

✉Correo electrónico: jmiquellozano@ut.edu.co;  ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0210-0936>

Recibido: junio 20 de 2025; Aprobado: noviembre 02 de 2025; Publicado: diciembre 15 de 2025

RESUMEN

Investigación sobre la calidad del aceite de soya obtenido a partir del cultivo intercalado con hortalizas. Objetivo principal fue evaluar la variedad de soya Panorama-29 en 6 parcelas planas, dos de ellas como testigos, una con labranza cero y otra con labranza mínima, y cuatro ensayos restantes desarrollados como cultivos intercalados de tomate, cebolla, pimentón y berenjena, cada uno con su respectiva réplica. Posteriormente se obtuvo aceite de soya por extracción Soxhlet para cada parcela para demostrar el efecto intercalado con los alimentos mediante perfiles de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas, por medio de cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS), entre otras pruebas de caracterización, se realizó un diseño

82

¹Rivera Barrero Carlos Antonio*, ²Saltaren García Laily, ³Lozano Moncaleano Juan Miguel

factorial 2^K con el fin de encontrar la mejor interacción entre los cultivos y así demostrar el efecto entre los mismos para la generación de ácidos grasos.

Resultados: el aceite obtenido de la parcela en asociación con tomate presentó las mejores características químicas con un índice de yodo de 138.7 y un índice de saponificación de 191; la parcela con cebolla tuvo el mejor rendimiento de obtención del aceite de soja. En el perfil de ácidos grasos se obtuvo en mayor porcentaje el ácido linoleico y lo correspondiente a los ácidos mirístico, palmitoleico, margárico, heptadecanoico y linoleico conjugado fue menor al 1% para cada parcela. Mediante diseño experimental y una matriz ANOVA se observó el efecto del trabajo intercalado en las concentraciones de los ácidos grasos linoleico, palmítico, oleico y alfa-linoleico, ácidos grasos más importantes hallados en las pruebas de caracterización.

Palabras clave: aceite de soja, ácidos grasos, cromatografía. Cultivo intercalado, hortalizas.

ABSTRACT

Research on the quality of soybean oil obtained from intercropping with vegetables. The main objective was to evaluate the Panorama-29 soybean variety in six flat plots, two of which served as controls: one with zero tillage and the other with minimum tillage. The remaining four plots were developed as intercrops with tomato, onion, paprika, and eggplant, each with its respective replicate. Subsequently, soybean oil was obtained through Soxhlet extraction for each plot to demonstrate the intercropping effect on food through fatty acid profiles and physicochemical properties. This was

achieved using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and other characterization tests. A 2^K factorial design was employed to find the best interaction between the crops and to demonstrate their effects on fatty acid generation.

Results: The oil obtained from the plot associated with tomato had the best chemical characteristics, with an iodine index of 138.7 and a saponification index of 191. The plot with onion yielded the highest amount of soybean oil. In the fatty acid profile, the highest percentage of linoleic acid was obtained, while the percentages of myristic, palmitoleic, margaric, heptadecanoic, and conjugated linoleic acids were each less than 1% for all plots. Using experimental design and an ANOVA matrix, the effect of intercropping on the concentrations of linoleic, palmitic, oleic, and alpha-linoleic fatty acids the most significant fatty acids found in the characterization tests was observed.

Keywords: soybean oil, fatty acids, chromatography, intercropping, vegetables.

INTRODUCCIÓN

El sector agroindustrial tiene un impacto importante en el desarrollo del sector productivo de la industria colombiana, por lo tanto, los procesos de optimización de los recursos naturales requieren mejoras constantes en cuanto a calidad y suficiencia de productos agrícolas, los cuales necesitan también una atención que fomente la innovación con base científica que soporte

aplicaciones específicas en productos de consumo masivo. (Arango-González y Casas-Forero, 2024; Bayona Buitrago, et al., 2022; Tarón Dunoyer, et al., 2022).

Un ejemplo de esto es la soya, la cual está relacionada directamente con la alimentación y el sector agroindustrial, puesto que el aceite y la harina que se

extraen de ésta son un ingrediente de mucha demanda para la fabricación de productos alimentarios tanto para humanos como para animales (Torrenegra-Alarcon, et al., 2024; Garzón, 2010); su perfil nutricional lo ubica con bajos niveles de colesterol, y su consumo es considerado más saludable. Comercialmente es usado para producir mezclas, mayonesa, margarinas, aderezos para ensaladas y mantecas vegetales. También, en tintas para periódico, pinturas y en la fabricación de biodiesel como una nueva alternativa.

De acuerdo con los datos reportados por el Ministerio de Agricultura Colombiano se ha observado que la demanda de soya es mayor a la producción nacional, por lo tanto, el país se ve en la obligación de importar este alimento. Particularmente en el año 2018 se determinó que la producción total de soya fue de 62.058 toneladas y las necesidades en el territorio nacional para ese mismo año fueron de 650.473 toneladas, dejando un déficit de 588.415 toneladas. También el Ministerio de Agricultura demostró que solo se logra suplir el 10% de lo consumido en Colombia. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto es que actualmente se están desarrollando investigaciones que logren encaminar y motivar al productor de este

tipo de alimentos, con el fin de incrementar la obtención de soya de una manera competitiva. Promoviendo nuevas formas de cultivo como lo es el proceso intercalado o combinado, el cual es útil en suelos pobres o que agotan fácilmente sus reservas de humus y agua; factible en tierras planas o con poca pendiente, además este sistema sirve para restaurar y mejorar los nutrientes del suelo con el fin de aumentar la materia orgánica (Carvajal *et al.*, 2017). Por ende, la soya puede contribuir con un desarrollo en términos agronómicos (uso sostenible del suelo e impacto positivo en el medioambiente) que beneficien al productor, al igual desplegar propiedades de interés industrial en el aceite que maximicen la productividad y la generación de nuevas aplicaciones (Vera Romero y Castellanos Suarez, 2022; Lafont *et al.*, 2014).

La soya es una planta herbácea arbustiva, frondosa, erecta y ramificada, cuya altura puede variar entre 30 cm hasta 2 m y su ciclo de vida puede ir desde 80 hasta 200 días aproximadamente, las flores son blancas o de un tono púrpura. Las semillas pueden ser amarillas, verdes, marrones y negras, la cosecha se realiza cuando el amarillamiento y la caída de las hojas comienza, en ese punto los granos de soya

tienen una humedad entre 16-18% favoreciendo el rendimiento, calidad y disminuyendo las pérdidas por dehiscencia de las vainas (Palacio-Montañez, et al., 2023; Garcés y Forcelini, 2011). Es un alimento rico en nutrientes y alto en proteínas con muy pocas grasas saturadas y sin colesterol, convirtiéndose en una buena elección para una dieta saludable (Luna-García, et al., 2024; Blanco- Acosta, et al., 2023; Palacio-Montañez et al., 2023; Ridner, 2006). Se utiliza como alimento para el consumo humano directo o en productos transformados como: concentrado para animales, el aceite de soya también se emplea como materia prima para la elaboración de biocombustibles, es el cultivo de grano más relevante a nivel mundial y su importancia se debe a su alto contenido de aceite y proteína.

El contenido de aceite en la semilla varía entre 18-22 % y el de proteína entre 40-42 % dependiendo del tipo de semilla y los factores ambientales de la siembra (Krishnan, 2000), el aceite de soya en su composición 94-99% de triglicéridos, contiene aproximadamente 10 % de palmítico, 4 % de estearina, 23 % de ácido oleico, 54 % de ácido linoleico y 8 % de ácido linolénico. Se ha demostrado que no existe una relación significativa entre el

rendimiento de semilla, contenido de aceite y proteína de la soya, pero existe una relación inversa entre el contenido de aceite - proteína (De Luna, 2007). Los tocoferoles son moléculas orgánicas lipófilas conocidas por su actividad antioxidante y en la naturaleza vienen en cuatro formas (α -, β -, γ -, δ -) se conoce comúnmente como vitamina E, en el aceite de soya se presenta principalmente γ - δ -, en formas isoméricas (Shahidi, 2005). En cuanto al ámbito mundial, los mayores productores según la FAO, durante el 2016-2017 fueron Estados Unidos generando el 33 % de la producción mundial, Brasil 31 % y en tercer lugar Argentina con una producción del 18 %. Y en un segundo grupo de productores se encuentran China, Paraguay, India y Canadá; sin embargo, es preciso señalar que la suma de producción del segundo grupo no alcanza la producción de Argentina, aun así, el mundo ha crecido en su producción de granos de soya “durante los últimos diez años un 44 %, pasando de unas 222 a 320 millones de toneladas”, aun así, se considera la soya es uno de los cultivos de bajo volumen de producción, frente al trigo, el maíz y el arroz (Ybran y Lacelli, 2016, p. 1).

En Colombia los cultivos de soya se centran en los departamentos del Meta y Valle del



Cauca, en cuanto al área sembrada en los últimos 6 años han sido de 34.620 hectáreas, desde el año 2014 hasta el 2018 se observaron reducciones constantes de sembrando, siendo el año 2017 el de menor sembrado con 21.845 hectáreas, seguido del 2015 con 23.665 hectáreas, entre estos dos últimos años hubo un aumento de 2.850 hectáreas con respecto al 2015 y el reporte del año 2018 muestra un aumento de 6.545 hectáreas comparado con el año anterior, en cuanto a la producción de los años anteriormente nombrados la relación fue directamente proporcional en el 2014, 2015 y 2017 quiere decir que el área sembrada obtuvo una producción de 92.869 toneladas, 62.073 toneladas y 58.726 toneladas respectivamente, diferente en el año 2016 donde la producción fue mayor que en el 2018 con 74.687 toneladas pero con una menor área sembrada y en el último año 62.058 toneladas por debajo de la producción que se esperaría para esta área, teniendo en cuenta esto se puede entonces hablar de rendimiento que aclara mejor lo anteriormente dicho aunque el año 2014 tuvo una mayor área sembrada el rendimiento fue de 2.65% en el 2016 que tuvo menor cultivo es mayor con 2.72, y el 2018 donde vuelve a subir el cultivo tiene el rendimiento más bajo con 2.15%

comparado con los años 2015 y 2017 con 2.60 y 2.63% respectivamente; el destino de este alimento es en animales y para utilizarlo como semilla (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, 2017) esta producción nacional abastece solo el 19% del consumo nacional, importando el 81% de Argentina con una tasa de cambio superando los 3.000 COP, este escenario no es el mejor para que los agroindustriales colombianos sean más competitivos. Para Carlos Maya Calle, presidente de la Asociación Colombiana de Porcicultores el país debe dar la batalla por abastecer la demanda de esos productos, aprovechando sus beneficios para el suelo.

Es aquí donde cobra importancia el cultivo intercalado, siendo una forma poderosa de promover una comunidad de plantas más diversificada en el campo, lo que permite relaciones complementarias. En estos sistemas, las leguminosas son un grupo funcional clave y son altamente valoradas por los servicios agroecológicos, (Duchene *et al.*, 2017). Los sistemas de leguminosas/cereales intercalados reducen la competencia interespecífica mejorando los procesos de complementariedad/facilitación, mejorando la explotación de los recursos, lo que a su vez se refleja en el

aumento de la producción vegetal correspondiente a una mayor eficiencia del agro-ecosistema en su conjunto. La producción de plantas, incluida la biomasa aérea y subterránea, se correlaciona positivamente con la abundancia y diversidad microbiana. Se supone que esta vida microbiana juega un papel importante en la disponibilidad y transferencia de nutrientes del suelo a las plantas, así como en la salud de las mismas y la fertilidad del suelo, (Duchene *et al.*, 2017). Estudios han demostrado que aumentan la eficiencia del uso de la tierra y mejora el rendimiento de los cultivos (Bhatti *et al.*, 2006; Gao *et al.*, 2010). Además, el cultivo intercalado puede suprimir malezas (Corre-Hellou *et al.*, 2011), disminuyen el daño causado por plagas y enfermedades facilita y mejora la calidad de los productos (Caviglia *et al.*, 2011).

La presente investigación se realizó con el fin de analizar y cuantificar el rendimiento, la calidad del aceite de soya obtenido del cultivo intercalado con hortalizas para contribuir con el desarrollo investigativo del sector agroindustrial. Con este estudio se generarán bases que determinarán finalmente el sector idóneo para la utilización del aceite de acuerdo a las características encontradas. El sector de la

agroindustria tiene un impacto importante en el desarrollo del sector productivo nacional, por lo cual la optimización de los recursos naturales requiere mejoras constantes en cuanto a calidad y suficiencia de productos agrícolas, los cuales necesitan también una atención que fomente la innovación con base científica que soporte aplicaciones específicas en productos de consumo masivo.

Por ejemplo, la soya se relaciona directamente con la alimentación, puesto que el aceite y harina que se extraen de ésta, son un ingrediente de mucha demanda para la fabricación de productos alimentarios tanto para humanos como para animales; su perfil nutricional lo ubica con bajos niveles de colesterol, y su consumo es considerado más saludable. Comercialmente es usado para producir mezclas, mayonesa, margarinas, aderezos para ensaladas y mantecas vegetales. También, en tintas para periódico, pinturas y en la fabricación de biodiesel como una nueva alternativa.



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El presente trabajo de investigación se realizó entre enero de 2018 y julio de 2019 en la unidad productiva de la Universidad del Tolima ubicada en la ciudad de Ibagué, Barrio las brisas donde se estableció el cultivo de soya con sus respectivos asociados.

Material vegetal: Se evaluó la variedad de soya Panorama-29.

Terreno: Se elaboraron 6 parcelas planas.

Arreglo espacial: Se llevaron a cabo seis ensayos donde dos de ellos son testigos, uno con cero labranzas y otro con labranza mínima, los cuatro ensayos restantes estarán con cultivo intercalado de tomate, cebolla, pimentón y berenjena, cada uno acompañando un ensayo.

La soya (*Glycine Max L.*) se cultivó en parcelas de 5 m de largo por 1,5 m de ancho, donde se sembró la soya en labranza mínima en cada una de ellas a una distancia entre plantas de 0,3 m a lo largo y 0,5 m a lo ancho, a cada lado de la parcela se sembró a 0,25 m la hortaliza a una distancia entre planta de 0,3 m. Como testigo se establecieron dos cultivos de soya con las mismas dimensiones de las parcelas antes mencionadas, el primero se hace con labranza mínima y el segundo con cero labranzas, cada ensayo se

realizó por triplicado. Se cosechó una vez las vainas cambiaron de color y antes de su dehiscencia, se tomaron 18 muestras en total.

Evaluación de la cosecha: Se realizó una cosecha manual, después de realizar el proceso de limpieza y selección se sometió a un proceso de secado natural (ambiente) hasta un contenido de humedad del 12%.

Métodos de caracterización

- ✓ Cenizas, ISO 5484
- ✓ Color Gardner AOCS Td 1a-64
- ✓ Composición de Ácidos Grasos AOCS Ce 1f-96 (02)
- ✓ Punto de Inflamabilidad, AOCS Cc 9b-55
- ✓ Ácidos Grasos Libres AOCS Cd 3d-63 (03)
- ✓ Índice de yodo, AOCS Cd 1-25
- ✓ Punto de Fusión (Capilaridad), AOCS CC 3-25
- ✓ pH, AOCS G 7-56
- ✓ Índice de Peróxido ISO 3960: 2001 o AOCS Cd 8b-90
- ✓ Índice Refractivo AOCS Cc 7-25
- ✓ Índice de Saponificación AOCS Cd 3-25
- ✓ Densidad Aparente AOCS Cc 10c-95
- ✓ Materia insaponificable AOCS Ca 6b-53
- ✓ Viscosidad ASTM D-2196 Extracción de aceite y perfil de ácidos grasos: La

extracción del aceite se llevó a cabo utilizando el método Soxhlet empleando como disolvente hexano, posteriormente se realizó un desgomado acuoso que consistió en calentar el aceite hasta alcanzar una temperatura cercana a los 60°C, luego se le adicionó 3 % p/p de agua destilada, la cual se calentó previamente hasta una temperatura aproximada de 60°C, antes de adicionarla al aceite. La mezcla se dejó con agitación constante por 30 minutos a una temperatura entre 60 – 70°C. Finalizado el tiempo, se dejó enfriar la mezcla y se centrifugó a 3500 rpm por 30 minutos (Arija *et al.*, 2017). Los análisis de las propiedades químicas se realizaron en el laboratorio de salud pública del Tolima y para realizar el perfil de ácidos grasos se utilizó un cromatógrafo de gases marca Agilent 6890N con detector selectivo de masas Agilent 5973N.

- **Diseño de experimentos:** Teniendo en cuenta las pruebas para la determinación de ácidos grasos en las diferentes parcelas trabajadas en consorcio con soya se propuso un diseño factorial con el fin de evaluar los efectos de la concentración de ácidos grasos en las diferentes parcelas cultivadas. Se

evaluaron 2 análisis de varianza mediante matrices ANOVA la cual es una herramienta que permite realizar el estudio del efecto de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles) sobre la media de una variable continua. Mediante un método estadístico que compara las medias de dos o más grupos y que además analiza los efectos de los factores sobre la varianza de una variable. Adicionalmente comprueba la hipótesis nula de donde parten los diferentes tipos de ANOVA (Amat, 2016).

En la investigación los experimentos desarrollados incluyeron labranza mínima, sin labranza, cultivos intercalados de soja con pimentón, berenjena, cebolla y tomate con tres réplicas para cada experimento realizado. Donde mediante el análisis de matrices ANOVA se evaluó el efecto en la concentración de ácidos grasos principales en la alimentación humana como lo son: el ácido linoleico, palmítico, oleico y α -linoleico, siendo el ácido linoleico el principal en la nutrición alimenticia para que un humano promedio pueda desarrollar diversas funciones.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de evidenciar y dar respuesta a la hipótesis principal donde se pretende demostrar el efecto de la actividad de la soja cuando se trabaja en el cultivo intercalado de diferentes hortalizas propuestas como lo son: el pimentón, berenjena, cebolla y tomate. En la investigación se evaluaron las características fisicoquímicas de los cultivos a través del análisis y composición de aceites esenciales. En la tabla 1 se

presentan los ácidos grasos analizados en los experimentos desarrollos de los cultivos intercalados implementados. Durante la investigación se pudo demostrar que los ácidos grasos que están presentes en los cultivos se pueden apreciar a continuación en la tabla 2.

Tabla 1. Ácidos grasos analizados

Nombre	# de Carbonos
Ácido Caproico	C6:0
Ácido Caprílico	C8:0
Ácido Cáprico	C10:0
Ácido Undecilico	C11:0
Ácido láurico	C12:0
Ácido Tridecanoico	C13:0
Ácido Mirístico	C14:0
Ácido Miristoleico	C9-C14:1
Ácido Pentadecilico	C15:0
Ácido Pentadecenoico	C10-C15:1
Ácido Palmítico	C16:0
Ácido Palmitoleico	c9-C16:1
Ácido Margárico	C17:0
Ácido Heptadecenoico	c9-C17:1
Ácido Esteárico	C18:0
Ácido Elaídico	t9-C18:1
Ácido Oleico	c9-C18:1
Ácido Cis-Vaccénico	c11-C18:1
Ácido Linoleico Conjugado	t9,12-C18:2
Acido Linoleico	c9,12-C18:2
Methyl Γ -Linolenate	C18:3 n6
Ácido Alfa-Linolénico	C18:3 n3
Ácido Araquídico	C20:0
Ácido Gadoleico	c11-C20:1

Tabla 2. Ácidos grasos presentes en los cultivos estudiados.

Nombre	# de Carbonos
Ácido Mirístico	C14:0
Ácido Miristoleico	c9-C14:1
Ácido Pentadecílico	C15:0
Ácido Pentadecenoico	c10-C15:1
Ácido Palmítico	C16:0
Ácido Palmitoleico	c9-C16:1
Ácido Margárico	C17:0
Ácido Heptadecanoico	c9-C17:1
Ácido Esteárico	C18:0
Ácido Elaídico	t9-C18:1
Ácido Oleico	c9-C18:1
Ácido Cis-Vaccénico	c11-C18:1
Ácido Linoleico Conjugado	t9,12-C18:2
Ácido Linoleico	c9,12-C18:2
Methyl Γ -Linolenate	C18:3 n6
Ácido Alfa-Linolénico	C18:3 n3
Ácido Araquídico	C20:0
Ácido Gadoleico	c11-C20:1
Ácido Eicosanóico	C20:2
Ácido Henicosanoico	C21:0
Ácido Dihomo-G-Linolénico	C20:3 n6
Ácido Araquidónico	C20:4
Ácido Eicosatrienoico	C20:3 n3
Ácido Behénico	C22:0
Ácido Eicosapentaenoico (Epa)	C20:5 n3
Ácido Eurucico	c13-C22:1
Ácido Decosanoico	C22:2
Ácido Tricosanoico	C23:0
Ácido Lignoserico	C24:0
Ácido Lignoserico	C24:0
Ácido Nervónico	c15-C24:1
Ácido Docosahexaenoico (DHA)	C22:6 n3
Ácido Dihomo-G-Linolénico	C20:3 n6
Ácido Araquidónico	C20:4
Ácido Eicosatrienoico	C20:3 n3
Ácido Behénico	C22:0

Donde los ácidos linoleico, palmítico, oleico y alfa-linoleico fueron los que presentaron mayor cantidad en porcentaje en peso frente a los demás ácidos grasos evaluados para los 6 tipos de cultivos realizados.

Con el fin de determinar la influencia del trabajo en conjunto de la soya, se realizó un diseño experimental por triplicado, donde mediante el desarrollo de una matriz ANOVA se daba solución a la hipótesis planteada la cual fue: “Hay efecto en la

composición de los aceites con respecto al trabajo asociado entre soya y los otros alimentos cultivados". A continuación, se presenta en las tablas 3 y 4 los resultados

obtenidos para los ácidos grasos que presentaban una composición superior al 5% para cada uno de los experimentos con sus respectivas replicas.

Tabla 3. Contenido de ácidos grasos poliinsaturados en tratamientos de labranza mínima, sin labranza e intercalado con pimentón.

Asociación		LABRANZA MÍNIMA			SIN LABRANZA			PIMENTÓN		
		% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)
Aceites	Componente	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ACIDO LINOLEICO	C9,12-C18:2	48,63	47,83	47,02	51,84	46,15	48,94	52,50	49,52	52,37
ACIDO PALMÍTICO	C16:0	10,60	10,62	10,84	11,31	10,54	10,90	11,69	11,04	11,55
ACIDO OLEICO	C9-C18:1	15,80	18,31	21,38	16,87	23,54	18,40	16,40	18,86	16,84
ACIDO ALFA - LINOLÉNICO	C18:3 n3	7,92	7,29	7,08	8,74	7,48	8,08	8,27	7,36	8,29

Tabla 4. Contenido de ácidos grasos poliinsaturados en tratamientos intercalados con berenjena, cebolla y tomate.

Asociación		LABRANZA MÍNIMA			SIN LABRANZA			PIMENTÓN		
		% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)
Aceites	Componente	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ACIDO LINOLEICO	C9,12-C18:2	49,72	53,11	51,41	50,62	51,10	49,35	51,14	50,47	51,22
ACIDO PALMÍTICO	C16:0	10,81	11,56	11,37	11,91	11,05	10,68	11,51	11,14	11,31
ACIDO OLEICO	C9-C18:1	14,23	15,98	16,11	15,29	16,60	17,09	16,47	17,12	18,52
ACIDO ALFA - LINOLÉNICO	C18:3 n3	8,19	8,32	7,87	7,95	7,71	7,44	8,31	7,85	7,91

En la tabla 5 y en la tabla 6 se pueden apreciar los resultados obtenidos de los

ácidos grasos que se encuentran en una proporción menor al 1% en los cultivos

Tabla 5. Contenido de ácidos grasos saturados en tratamientos de labranza mínima, sin labranza e intercalado con pimentón.

Asociación		LABRANZA MÍNIMA			SIN LABRANZA			PIMENTÓN		
		% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)
Aceites	Componente	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ÁCIDO MIRISTICO	C14:0	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
ÁCIDO PALMITOLEICO	c9-C16:1	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10
ÁCIDO MARGÁRICO	C17:0	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
ÁCIDO HEPTADECENOICO	c9-C17:1	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07	0,07
ÁCIDO ARAQUÍDICO	C20:0	0,35	0,35	0,38	0,36	0,38	0,36	0,34	0,34	0,36
ÁCIDO HENICOSANOICO	C21:0	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00
ÁCIDO BEHENICO	C22:0	0,28	0,29	0,32	0,32	0,33	0,31	0,28	0,29	0,30
ÁCIDO LIGNOSÉRICO	C24:0	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,10	0,08	0,09	0,10

Tabla 6. Contenido de ácidos grasos saturados en tratamientos intercalados con berenjena, cebolla y tomate.

Asociación		BERENJENA			CEBOLLA			TOMATE		
		% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)
Aceites	Componente	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ÁCIDO MIRISTICO	C14:0	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
ÁCIDO PALMITOLEICO	c9-C16:1	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10
ÁCIDO MARGÁRICO	C17:0	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10
ÁCIDO HEPTADECENOICO	c9-C17:1	0,04	0,05	0,05	0,05	0,09	0,05	0,07	0,05	0,05
ÁCIDO ARAQUÍDICO	C20:0	0,34	0,38	0,39	0,36	0,36	0,35	0,36	0,38	0,38
ÁCIDO HENICOSANOICO	C21:0	0,03	0,06	0,07	0,06	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
ÁCIDO BEHENICO	C22:0	0,28	0,31	0,33	0,34	0,30	0,31	0,28	0,30	0,32
ÁCIDO LIGNOSÉRICO	C24:0	0,09	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,11

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para los ácidos grasos que se encuentran en el rango de entre 1 a 5% p/p en los cultivos. Para las tablas 5, 6, 7 y 8, se observa la relación del contenido de ácidos grasos saturados comparados con el alto

contenido de los poliinsaturados, pues los saturados corresponden solo a un 13% del total de ácidos grasos que componen el aceite de soya; dentro de los cuales, es el ácido esteárico el que se encuentra en mayor proporción. Este bajo contenido de

ácidos grasos saturados, presenta el aceite de soya con un producto favorable al consumo humano, pues más allá de proporcionar energía al organismo, es bien sabido que los ácidos grasos saturados por

su conformación molecular se han asociado con el incremento de colesterol, triglicéridos plasmáticos y con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Torrejón y Uauy, 2011).

Tabla 7. Contenido de 1-5% de ácidos grasos saturados en los diferentes tratamientos

Asociación		LABRANZA MÍNIMA			SIN LABRANZA			PIMENTÓN		
		% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)
Aceites	Componente	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ÁCIDO ESTEÁRICO	C18:0	3,09	3,07	3,27	3,17	3,13	3,02	3,08	2,99	3,23
ÁCIDO CIS-VACCÉNICO	C11-C18:1	1,28	1,41	1,45	1,42	1,50	1,39	1,35	1,40	1,39
ASOCIACIÓN		BERENJENA			CEBOLLA			TOMATE		
		% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)	% (p/p)
Aceites	Componente	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ÁCIDO ESTEÁRICO	C18:0	3,03	3,40	3,34	3,24	3,20	3,14	3,20	3,31	3,35
ÁCIDO CIS-VACCÉNICO	C11-C18:1	1,24	1,33	1,34	1,31	1,35	1,35	1,34	1,34	1,43

Se observa en los diferentes resultados, que el rendimiento obtenido para los ácidos grasos analizados es levemente mayor en el tipo de cultivo sin labranza comparado con el de labranza mínima, lo cual, representa un factor positivo pues demuestra que el suelo presenta condiciones favorables para plantación y por el contrario la aplicación de labranza mínima implica mayor mano de obra y combustible en maquinaria, lo que se ve reflejado en mayores costos de cultivo y a su vez, el menor tratamiento mecánico del suelo conserva la materia orgánica y reduce

la erosión del mismo (Acevedo y Silva, 2003), sin embargo, la labranza mínima presenta diferentes ventajas y es muy empleado actualmente, por lo que se deben considerar otros factores a la hora de determinar el método de cultivo más adecuado a la hora de cultivar, pues los ácidos grasos, como metabolitos secundarios típicos, también están influidos por factores ambientales, como la temperatura, la luz, las condiciones del agua, los métodos de fertilización y los cultivos que se usen al aplicar el método intercalado.

Se debe tener en cuenta, que el uso del método intercalado de cultivo con leguminosas influencia la producción y calidad del suelo, pues según (Stagnari *et al.*, 2017), las leguminosas crean simbiosis con algunas bacterias del suelo, las cuales retienen y transforman el nitrógeno atmosférico en uno más fácil de absorber por la planta a su vez, aportan materia orgánica a los suelos empleándose en algunos casos como alternativa regenerativa de los cultivos. No obstante, en este estudio se puede apreciar que el rendimiento de aceite obtenido de acuerdo a los aceites analizados aunque fue similar, tanto para los cultivos intercalados como sin intercalar, se observa un incremento en el rendimiento, factor puede deberse a lo mencionado por (Lithourgidis *et al.*, 2017), quien expone que las especies intercaladas no compiten por los mismos recursos de crecimiento (agua, nutrientes y luz) en un nicho y, por lo tanto, tienden a utilizar los recursos disponibles de manera complementaria.

Además, teniendo en cuenta las tablas 3 y 4 se puede apreciar que el cultivo intercalado aumenta hasta en 2% el contenido del ácido linoleico en el aceite de soya. Donde este aceite es de gran importancia en este tipo de cultivos, puesto que se encuentra en mayor proporción, donde en las tablas 3 y 4 se puede apreciar que está en un rango de 45-55% p/p; siendo además el cultivo intercalado con pimentón el que presentó el mayor rendimiento obtenido de estos aceites esenciales. Los Autores Haro *et al.* (2006) demostraron en su investigación la importancia del consumo dietario de alimentos que contienen el ácido linoleico, puesto que ayuda a reducir la obesidad y contiene propiedades anticancerígenas. Es por esta razón que para dar solución a la hipótesis planteada como se ha mencionado anteriormente se realizó un diseño factorial solucionado por medio de una matriz ANOVA (tabla 8).

Tabla 8. Matriz ANOVA de ácidos grasos presentes en las tablas 3 y 4

Fuente de variación	SCT	gl	CM	F
Entre tratamientos	20352,28572	3	6784,09524	3858,31201
Entre filas	7,920837638	5	1,58416753	0,90096209
Entre columnas	59,81813943	15	3,98787596	2,26802089
Dentro de tratamientos	84,39871384	48	1,75830654	
Total	20504,42341	71		

Donde, para los resultados obtenidos del contenido de ácidos grasos en los cultivos y específicamente el ácido linoleico se demostró que, si hay efecto del trabajo conjunto de la soya en los cultivos, puesto que existe 1% mayor cantidad de los ácidos grasos evaluados, siendo el de mayor

proporción como se mencionó anteriormente el linoleico como se **Tabla 9.** Matriz ANOVA para ácido linoleico.

presentaron los resultados obtenidos en las tablas 3 y 4 o en la tabla 8 de matriz ANOVA, donde se demostró que, si existe un efecto de la presencia de soya en los cultivos, para lo cual se realizó una matriz ANOVA para solo el ácido linoleico, la cual se presenta en la tabla 9.

Fuentes de variación	SCT	gl	CM	F
Entre tratamientos	32,28231597	5	6,45646319	2,51111558
Dentro de tratamientos	30,85384	12	2,57115333	
Total	63,13615598	17	3,71389153	

CONCLUSIONES

Se obtuvo que al evaluar la variedad de soya Panorama-29 en seis parcelas planas, dos de ellas labranza cero y mínima; y los cuatro cultivos restantes con tomate, cebolla, berenjena y pimentón; este último el que presentó mayor incremento en la cantidad de ácidos grasos analizados en el aceite de soya.

Para las diferentes propuestas de cultivo, fue posible obtener un aumento del 1% en la cantidad de ácido graso poliinsaturado linoleico esencial, lo cual, representa un uso

potencial en el aumento de la ingesta diaria de ácido α -linolénico como característica indispensable en el consumo de alimentos nutraceuticos para el organismo.

Además, se evidencia la contribución de aplicar el proceso de cultivo intercalado o combinado, pues el desarrollo adecuado de la formación de compuestos en los frutos está influenciado por el impacto de la calidad del suelo, lo que en este caso se ve reflejado en el mejoramiento de la calidad de los diferentes compuestos del aceite



como subproducto de la soya. Esto, va de la mano con el beneficio económico que representa para los productores de diferentes cultivos que buscan maximizar su productividad brindando valor agregado a sus productos bajo condiciones sostenibles con el medio ambiente.

Los resultados de este estudio se presentan como un acercamiento a las posibilidades de incrementar la calidad nutraceútica del aceite de soya, sin embargo para aumentar la productividad de los pequeños

agricultores aún se necesita una combinación de otros factores dependientes de las condiciones edafoclimáticas, como las prácticas de manejo de la plantación, la capacidad de drenaje y propiedades del sustrato del suelo, las características climáticas, la distribución de las lluvias, el suministro de nutrientes y la prevención de plagas. Una buena gestión de la plantación también es una de las claves del éxito en el aumento de la productividad del aceite de soya.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, E., y Silva, P. (2003). Agronomía de la cero labranza. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/169992/Agronomia_cero_labranza.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Amat, J. (2016). ANOVA, análisis de varianza para comparar múltiples medias. https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova.

Arango-González, Diana Carolina; Casas-Forero, Nidia. (2024). Aplicación de un recubrimiento comestible a base de

goma guar para mejorar la tolerancia al frío de tomate chonto (*Solanum Lycopersicum*) durante el almacenamiento. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 1. Pp: 192 - 210.

<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.3151>

Arija, J., Cruz Perdiques, M. L., y Páez, J. (2017). Producción de aceite crudo desgomado y expeller de soja. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Sarmiento, Argentina.

Bayona Buitrago, Camilo Andrés; Cepeda; Lexy, María Fernanda; León Castrillo, Carolina. (2022). Aprovechamiento de los subproductos agroindustriales de la cadena productiva de la yuca (*Manihot esculenta*): Una Revisión, Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 111 – 131. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1658>

Bhatti, I. H., Riaz Ahmad, R. A., Abdul Jabbar, A. J., Nazir, M. S., & Mahmood, T. (2006). Competitive behaviour of component crops in different sesame-legume intercropping systems. *Int. J. Agric. Biol.* 8, 165–167. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20063077693>

Blanco- Acosta, P., Lozano, A., Granados-Conde, C., Pastrana-May, G., Medina-Peñaranda, M., & León-Méndez, G. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante del extracto de gulupa (*passiflora edulis* f. *edulis*) y su evaluación en la elaboración un yogurt helado. @limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria, 21(2), 169–178.

<https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.2859>

Carvajal, C., Márquez, M., Gutiérrez, B., González-Vera, A., Arellano, J., & Ávila, M. (2017). Aspectos de fisiología, deterioro y calidad en semilla de soya. *Revista Alcance*, 73, 76-92. https://www.researchgate.net/profile/Maniel-Avila-4/publication/322035942_Aspectos_de_fisiologia_deterioro_y_calidad_en_semilla_de_soya_Aspects_of_physiology_deterioration_and_seed_quality_in_soybean/links/5b924a354585153a53007dd1/Aspectos-de-fisiologia-deterioro-y-calidad-en-semilla-de-soya-Aspects-of-physiology-deterioration-and-seed-quality-in-soybean.pdf

Caviglia, O. P., Sadras, V. O., & Andrade, F. H. (2011). Yield and quality of wheat and soybean in sole-and double-cropping. *Agronomy Journal*, 103(4), 1081-1089. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2011.0019>

Corre-Hellou, G., Dibet, A., Hauggaard-Nielsen, H., Crozat, Y., Gooding, M., Ambus, P., ... & Jensen, E. S. (2011). The competitive ability of pea–barley



- intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field crops research*, 122(3), 264-272.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037842901100116X>
- De Luna, A. (2007). Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (37), 35.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6110380>
- Duchene, O., Vian, J. F., y Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 148-161.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880917300828>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. (2017). Indicadores cerealistas 2017.
http://www.fenalce.org/archivos/Indicador_cerealista2017.pdf
- Gao, Y., Duan, A., Qiu, X., Liu, Z., Sun, J., Zhang, J., & Wang, H. (2010). Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural water management*, 98(1), 199-212.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837741000288X>
- Garcés, F. R., y Forcelini, C. A. (2011). Peso de hojas como herramienta para estimar el área foliar en soya. *Revista Ciencia y Tecnología*, 4(1), 13-18.
<https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/97/111>
- Garzón V. (2010). *La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores*. Meta: Corpoica.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19582>
- Haro, A. M., Artacho, R., y Cabrera-Vique, C. (2006). Ácido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana. *Medicina clínica*, 127(13), 508-515.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025775306723107>
- Krishnan, H. B. (2000). Biochemistry and molecular biology of soybean seed storage proteins. *Journal of New*

- Seeds, 2(3), 1-25.
https://doi.org/10.1300/J153v02n03_01
- Lafont, J. J., Durango, L. C., y Aramendiz, H. (2014). Estudio químico del aceite obtenido a partir de siete variedades de soya (Glycinemax L.). *Información tecnológica*, 25(2), 79-86.
<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n2/art09.pdf>
- Lithourgidis, A., Vlachostergios, D., Dordas, C., y Damalas, C. (2017). Rendimiento de materia seca, contenido de nitrógeno y competencia en el sistema de cultivo intercalado de guisantes y cereales. *EUR. j Agron* 34, 287-2294.
- Luna-García. Nidia; Rueda-Paéz. Elsy; Rodríguez-N. Alexandra. (2024). Determinación De Las Propiedades Nutricionales, Fisicoquímicas Y Sensoriales De Mermelada Light A Partir De Gulupa Endulzada Con Stevia. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 - ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 2. Pp: 5 – 17.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i2.3195>
- Palacio-Montañez Josefa, Bolívar-Pacheco Kelly, Díaz-Tovar Andrea, Navas-Guzmán Norleyn, Meriño-Stand Lourdes, García-Pacheco Yair. (2023). Desarrollo de una barra de cereales, frutos secos y frutos tropicales enriquecida con colágeno hidrolizado. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 21 N° 1. Pp.: 91 -.105.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v21i1.2368>
- Ridner, E. (2006). Soja: propiedades nutricionales y su impacto en la salud.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122604/records/6472474ce17b74d2224f5f56>
- Shahidi, F. (2005). *Bailey's industrial oil and fat products, edible oil and fat products: processing technologies* (Vol. 5). John Wiley & Sons.
https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=4AbyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA191&dq=Bailey%27s+industrial+oil+and+fat+product+s,+edible+oil+and+fat+products:+processing+technologies+&ots=4gdMVmVZAB&sig=4mzNIEX57PZkCHF0FICLUI71SEE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-13.
<https://link.springer.com/article/10.1186/S40538-016-0085-1>

Tarón Dunoyer Arnulfo; Barros Portnoy Israel; Mercado Camargo, Jairo. (2022). Caracterización de ácidos grasos y fenoles totales con actividad antioxidante de la semilla de durazno (*Prunus persica*). Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 77 – 91.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1667>

Torrejón, C., y Uauy, R. (2011). Calidad de grasa, arterioesclerosis y enfermedad coronaria: efectos de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans. *Revista médica de Chile*, 139(7), 924-931.
<https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v139n7/art16.pdf>

Torrenegra-Alarcon Miladys; Hernández-Santos Ruth; Granados-Llamas Edgard; Bastidas-Guarnizo Camilo; León-Méndez Glicerio; Granados-Conde Clemente; De La Espriella-Angarita Stephanie. (2024). Especies Vegetales Con Potencial Antioxidante en la Innovación de Productos Cárnicos Procesados: Una Revisión. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 1. Pp: 295-311.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.31>

85

Vera Romero, José Manuel; Castellanos Suarez, Laura Johana. (2022). Evaluación de características colorimétricas y fisicoquímicas en licores de cacao variedades Santander Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 66 - 76.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.3179>

Ybran, R., y Lacelli, A. (2016). Informe estadístico mercado de la soja. *Cuba: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA*.
<https://storage.dtelab.com.ar/uploads/620fc9e90ffb61856fd4a931/620fea60b7fac8ddc7cff05e.pdf>