

Calidad nutricional y propiedades fisicoquímicas del kale (*Brassica Oleracea* Var. *Sabellica* L) agroecológico y convencional

*Nutritional quality and physicochemical properties of agroecological and conventional kale (*Brassica Oleracea* Var. *Sabellica* L).*

Gema Palacios-Andrade^{1,*} and Wilson Chalco-Sandoval²

¹ *Maestría de Agroecología y Desarrollo Sostenible, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.*

² *Carrera de Ingeniería Agrícola, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.*

* *Autor para correspondencia: gcpalacios@unl.edu.ec.*

Fecha de recepción del manuscrito: 19/05/2023 Fecha de aceptación del manuscrito: 01/02/2024 Fecha de publicación: 30/06/2024

Resumen—Existe una demanda de hortalizas con alto contenido de nutrientes y calidad. Sin embargo, la agricultura convencional busca el aumento de la producción centrándose en el monocultivo y el uso de agroquímicos, sin tomar en cuenta las consecuencias que esto provoca a la salud, medio ambiente y al suelo. La agroecología surge como una alternativa para contrarrestar estos efectos negativos, ya que se enfoca en la producción de alimentos sanos y con alto contenido nutricional. Algunos estudios demuestran que el kale es un superalimento debido a su alto valor nutricional y beneficios para la salud, sin embargo, en Ecuador no existe información sobre la calidad nutricional de esta hortaliza, por lo cual, el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad nutricional y las propiedades fisicoquímicas del kale en los sistemas de producción agroecológico y convencional. La metodología consistió en medir el pH, acidez, °Brix, color, ancho y largo de la hoja, finalmente, se determinó la calidad nutricional considerando los macro y micronutrientes. Los resultados muestran que las propiedades fisicoquímicas del kale, entre los dos sistemas de producción no existieron diferencias estadísticamente significativas, ya que los valores de pH (6 - 6,17), acidez (0,18 - 0,20%) y °Brix (4,96 - 5,29) son similares. La calidad nutricional del kale proveniente del sistema agroecológico fue mayor que del cultivo proveniente del sistema convencional, ya que fue superior en macronutrientes entre un 12 a 48%, en minerales aumento entre el 25 y 76%, y 6,44% para vitamina C.

Palabras clave—Col rizada, Valor nutricional, Proteína, Vitaminas, Minerales.

Abstract—There is a demand for vegetables with high nutrient content and quality. However, conventional agriculture seeks to increase production by focusing on monoculture and agrochemicals usage, without taking into account the consequences that this causes to health, the environment, and the soil. Agroecology emerges as an alternative to avoid these negative effects since it focuses on the production of healthy foods with high nutritional content. Some studies have shown that kale is considered a superfood due to its high nutritional value and benefits for human health; however, in Ecuador, there is no information on the nutritional quality of this vegetable. Therefore, the objective of this research was to evaluate the nutritional quality and physicochemical properties of kale in agroecological and conventional production systems. The methodology consisted measuring pH, acidity, Brix degrees, color, width and length of the leaf, finally, the nutritional quality was determined considering its macro and micronutrients. The results show that the physicochemical properties of the kale, between the two production systems did not exist statistically significant differences, since the values of pH (6 - 6.17), acidity (0.18 - 0.20%) and °Brix (4.96 - 5.29%) are similar. The nutritional quality of the kale from the agroecological system was higher than from conventional system crops because it was higher in macronutrients between 12 and 48%, in minerals it increased between 25 and 76%, and 6.44% for vitamin C.

Keywords—Kale, Nutritional value, Protein, Vitamins, Minerals.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la población mundial ha crecido exponencialmente, es así que para el 2050 se estima un promedio de 10 mil millones de habitantes. Esto incrementa-

rá el 50% de la producción de alimentos, lo que representa un desafío para la producción agrícola (Vitón et al., 2017). De acuerdo con esto, la mayoría de los agricultores implementan monocultivos, el uso de maquinaria e insumos químicos. Esto provoca severos impactos en el suelo, el agua, la diver-

sidad genética, la salud humana y la calidad nutricional de los cultivos. La agroecología surge como una alternativa para poder contrarrestar estos efectos negativos, ya que promueve sistemas alimentarios más sostenibles, la seguridad alimentaria, fomenta la biodiversidad, aumenta la capacidad de los cultivos para resistir a enfermedades y plagas, emplea prácticas agrícolas que respetan y mejoran la calidad del suelo (Chávez y Burbano, 2021).

La calidad nutricional que contienen las hortalizas como minerales, vitaminas y antioxidantes contribuyen a la salud del ser humano, sin embargo, su bajo consumo puede provocar enfermedades como la desnutrición, diversidad de patologías como el cáncer, anemia por falta de hierro, enfermedades cardiovasculares, entre otros. Es fundamental dar a conocer a los consumidores el valor nutricional de las hortalizas, estas representan un aporte importante en la dieta nutricional, brindan carbohidratos, proteína, fibra, y mayor contenido de vitaminas y minerales, es imprescindible su consumo para la buena alimentación y salud de la población (Arroyo et al., 2018).

La col rizada o kale es una hortaliza considerada un superalimento, debido a su alto contenido nutricional, ya que es una fuente rica en vitamina C y minerales como el potasio, calcio y hierro, además ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares, la artritis y el cáncer. (Reyes-Munguía et al., 2017). La mayor parte de la población de países desarrollados optan por comprar hortalizas o frutas en las ferias agroecológicas, sin importar el precio en comparación con los productos convencionales, ya que le dan más valor a la calidad nutricional y su seguridad alimentaria (Andrade y Ayaviri, 2018). Así mismo Rodríguez y Zumba (2021) sostienen que los consumidores adquieren sus productos considerando la calidad expresada en propiedades fisicoquímicas. Esta calidad está supeditada al manejo de la cadena productiva desde la siembra hasta la poscosecha. Además, la procedencia de las hortalizas influye directamente en su precio y calidad, si comparamos un sistema de producción agroecológica versus un sistema convencional. Existen diversos estudios que demuestran que la calidad nutricional y propiedades fisicoquímicas de frutas y hortalizas, están asociadas al sistema de producción del que proceden.

Los cultivos procedentes de una agricultura agroecológica, contienen mayor valor nutricional que los convencionales (Casas y Moreno, 2015; Popa et al., 2019). Además, Crecente et al., (2012) estudiaron algunas propiedades de las fresas en fincas de Galicia (España), demostraron que las fresas cultivadas en un sistema agroecológico tienen alto valor nutricional en cuanto a antioxidantes en comparación con las cultivadas en un sistema convencional. Por otro lado, Domínguez, García y Raigón (2015) comprobaron que los frutos cítricos procedentes de un sistema ecológicos contienen 28 % más vitamina C que los de la agricultura convencional. Además, estudiaron las propiedades fisicoquímicas en frutos cítricos provenientes de un sistema agroecológico y un convencional, encontraron que no existe diferencia significativa en el peso y diámetro de la fruta, sin embargo, obtuvieron diferencias en cuanto a la altura y color de las frutas, siendo mayor en la agricultura agroecológica.

Para realizar esta investigación se utilizó el cultivo de kale o col rizada cosechada en los sistemas agroecológico y convencional, para dar a conocer a productores y consumidores

la importancia de la calidad nutricional de esta hortaliza y del sistema de producción del que proviene. En función de estos antecedentes esta investigación tiene como objetivos determinar las propiedades fisicoquímicas y valorar la calidad nutricional del kale en dos sistemas de producción agroecológico y convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en dos fases: campo y laboratorio. La fase de campo se realizó en 3 sistemas de producción agroecológica y 3 sistemas de producción convencional, localizadas en el barrio Amable María, al norte de la ciudad de Loja, Ecuador (Figura 1). La zona de estudio se encuentra entre 3° 56' 29" y 3° 56' 18" S y entre 79° 13' 6" y 79° 12' 48" O. El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

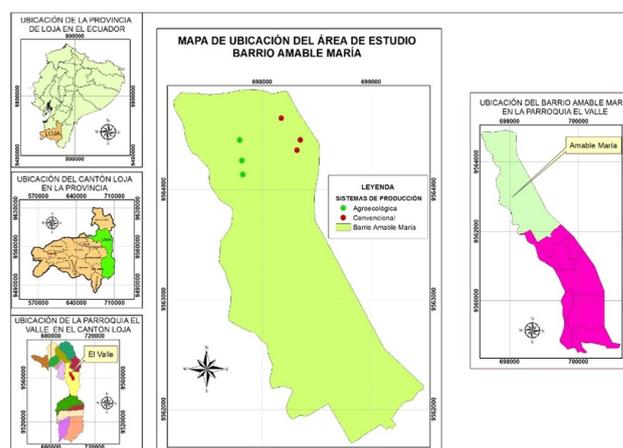


Fig. 1: Figura 1. Mapa de ubicación de los 3 sistemas de producción agroecológico y 3 sistemas de producción convencional en el barrio Amable María, Loja, Ecuador.

Materiales

Los equipos y materiales utilizados para realizar los ensayos en el laboratorio fueron: equipo Kjeldahl marca VELP Científica, equipo extractor de fibra marca Velp Científica modelo 6, mufla marca Furnace modelo 1300, estufa marca memmert, colorímetro PCE-CSM, peachímetro, brixómetro digital, crisoles de porcelana para la determinación de humedad, crisoles de vidrio para determinación de fibra, desecador, matraz de 500 ml, vasos de precipitación de 100 ml, probeta graduada de 100 ml, balón aforado de 500 ml, pipetas volumétricas de 1 ml, bureta de 50 ml, agitador de vidrio, micropipeta, agitador magnético y envase Daplast enrejado para la recolección del producto. Los reactivos utilizados en laboratorio fueron: ácido sulfúrico comercial concentrado (98 %), a 0,255 y 0,1 N, hidróxido de sodio 0,223, N-octanol BDH Reagents y Chemicals, hidróxido de sodio al 30 %, ácido sulfúrico 0,1 N, ácido bórico al 4 %, indicador Mortimer: 0,016 % rojo de metilo y 0,083 % de verde bromocresol en etanol, pastillas catalizadoras, acetona anhidra, cloruro de sodio y agua destilada.

Material vegetal

El material vegetal se recolectó en las fincas que presentaron características similares, como accesibilidad, zona, clima y cercanía; de estas fincas se obtuvo la materia vegetal kale, en estado de madurez fisiológica. Para determinar la madurez se consideró que las hojas de kale tengan una altura de 25 a 26 cm y un color verde azulado (Mora, 2021).

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 2 tratamientos (agroecológico y convencional) y 3 repeticiones, con un total de unidades 6 unidades experimentales, las cuales son las 6 fincas (3 agroecológicas y 3 convencionales).

Propiedades fisicoquímicas del kale

En base a la determinación del estado de madurez óptimo se procedió a medir la altura, y ancho de la hoja de kale, así como también el color utilizando un colorímetro PCE-CSM, este equipo permite medir el color y proporciona los valores de las coordenadas en el espacio de color CIE L* a* b*, este es un sistema que permite medir y describir colores, los valores que arroja el equipo, se ingresaron en la aplicación color analysis, la cual nos permitió obtener el color de la hortaliza en estudio; seguidamente se determinó las propiedades químicas del kale, como acidez mediante el método AOAC 942.15, °Brix utilizando el método AOAC 932.12 y el pH se midió considerando el método AOAC 981.12 (AOAC, 2019).

Calidad nutricional del kale

Para valorar la calidad nutricional del kale, se procedió a aplicar las siguientes metodologías: para humedad se siguió el procedimiento establecido en el método AOAC 934.01, cenizas mediante el método AOAC 962.09, proteína se tomó en cuenta el método AOAC 2001.1, fibra se determinó mediante el método AOAC 991.43 (AOAC, 2019). Además, se determinó el potasio con el método MO-LSAIA-03.01.03, calcio con el método MO-LSAIA-03.01.02, hierro se siguió el método MO-LSAIA-03.02 y finalmente para determinar el contenido de vitamina C se utilizó el método MO-LSAIA-10. Los análisis de minerales y vitamina C se realizaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Análisis datos

Para el proceso estadístico de datos se utilizó el programa Infostat, con una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha = 0,05$) para establecer el comportamiento del kale, bajo dos sistemas de producción: agroecológico y convencional. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) en cada una de las variables (acidez, grados Brix, pH, altura, ancho, color de la hoja, humedad, ceniza, proteína, fibra, carbohidratos, minerales y vitaminas), previo cumplimiento de los supuestos de independencia de errores, normalidad de datos y homogeneidad de varianza.

RESULTADOS

Propiedades fisicoquímicas del kale

En la **Tabla 1** se muestra el resultado para las propiedades fisicoquímicas del kale en dos sistemas de producción agroecológica y convencional, en esta se observa que la acidez (0,18-0,20), grados brix (4,96 - 5,29), pH (6,0 - 6,17), color (verde azulado), altura (25,85 - 26,21) y ancho (3,89 - 4,02) de las hojas del kale no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Calidad nutricional del kale

En la **Tabla 2** se puede observar que existen diferencias significativas en el contenido de humedad en función del sistema de producción. De forma que el kale de producción convencional presenta mayor contenido en agua (87,95%) que las de producción agroecológica (86,29%). El sistema de producción agroecológica influye significativamente en la fibra, ya que presentó el mayor valor de 1,54%, mientras que el convencional obtuvo 1,05%. Así mismo, los carbohidratos dependen del sistema de producción, siendo la agricultura agroecológica donde se alcanzan las mayores concentraciones 5,81%, mientras que en el convencional obtuvo un valor de 3,92%. Además, la proteína presentó mayor contenido en el sistema agroecológico (4,62%) que en el convencional (4,12%). El contenido de cenizas de las muestras de kale no presenta diferencias estadísticamente significativas para el sistema de producción.

En la **Tabla 3** se observa que el calcio, potasio, hierro y vitamina C, presentaron diferencias estadísticamente significativas entre estos sistemas de producción. El sistema agroecológico fue el que obtuvo la concentración más alta de calcio 375 mg, potasio 256,93 mg, hierro 2,57 mg y vitamina C 111,40 mg, mientras que para los sistemas convencionales presentan valores de 298,7; 203,09; 1,46 y 104,66 mg, para calcio, potasio, hierro y vitamina C, respectivamente, lo que infiere una respuesta del kale al sistema de producción.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, las propiedades fisicoquímicas del kale (pH, °Brix, acidez, color, ancho y altura de la hoja) no se vieron afectadas por el tipo de sistema de producción. Este comportamiento se debe a que el kale fue cosechado en la misma zona durante la tarde del mismo día, en condiciones edafoclimáticas similares e igual estado de madurez (Casajús et al., 2021; Crecente et al., 2012; Martínez et al., 2010). Además, como se mencionó en metodología las muestras fueron recolectadas tomando en cuenta, una altura de (25 a 26 cm) y un color (verde azulado) determinados. Con la finalidad de realizar una comparación de los resultados antes mencionados, se realizó una búsqueda en literatura, pero no se encontró estudios que comparen estas propiedades en el cultivo del kale en un sistema agroecológico y convencional.

Sin embargo, existen algunos estudios que compararon las propiedades fisicoquímicas de diferentes cultivos entre estos dos sistemas, como por ejemplo, Fontana et al., (2018) observó un comportamiento similar en el cultivo de lechuga, en condiciones edafoclimáticas propias de Brasil, en diferentes

Tabla 1: Propiedades fisicoquímicas del kale en dos sistemas de producción

Sistema de Producción	Acidez %	Grados Brix	pH	Altura cm	Ancho cm	Color
Agroecológico	0,20 a	5,29 a	6,17 a	26,21 a	4,02 a	Verde azulado
Convencional	0,18 a	4,96 a	6,00 a	25,85 a	3,89 a	Verde azulado

a-b: Medias con la misma letra, no hay diferencia significativa, según la prueba Tukey (0,05 %).

Tabla 2: Macronutrientes del kale en dos sistemas de producción

Sistema de producción	Agua %	Ceniza %	Fibra %	Proteína %	Carbohidratos %
Agroecológico	85,29 b	2,71 a	1,54 a	4,62 a	5,81 a
Convencional	87,95 a	2,77 a	1,05 b	4,12 b	3,92 b

a-b: Medias con la misma letra, no hay diferencia significativa, según la prueba Tukey (0,05 %).

Tabla 3: Micronutrientes del kale en dos sistemas de producción

Sistema de producción	Micronutrientes			
	Ca (mg)	K (Mg)	Fe (mg)	Vit. C (mg)
Agroecológico	375,56 a	256,93 a	2,57 a	111,40 a
Convencional	298,71 b	203,09 b	1,46 b	104,66 b

a-b: Medias con la misma letra, no hay diferencia significativa según la prueba Tukey (0,05 %)

sistemas de producción (orgánico y convencional), donde midieron acidez, sólidos solubles, pH, color, longitud y ancho de la hoja, los cuales no tuvieron diferencias significativas. Así mismo, según Barrera, (2020) al comparar los grados Brix y altura del cultivo de lechuga, proveniente de un sistema agroecológico y convencional, no encontró diferencias estadísticamente significativas. Además, Campuzano et al., (2010) compararon las propiedades fisicoquímicas (pH, firmeza, acidez, color, sólidos solubles, entre otros) del cultivo de banano procedente de un sistema agroecológico y un convencional, obteniendo como resultado que no existen diferencias significativas entre estos dos sistemas. En base a los estudios antes mencionados se corrobora los resultados obtenidos en la presente investigación

Por el contrario, la calidad nutricional del kale si depende del sistema de producción del que proviene (agroecológico y convencional), por ejemplo, las diferencias de humedad entre estos sistemas se deben a que los cultivos convencionales que se desarrollan con fertilizantes sintéticos, necesitan absorber mayor cantidad de agua que los cultivos agroecológicos (Yu et al., 2018). Por otro lado, a las diferencias encontradas en los carbohidratos, se deben a que los sistemas agroecológicos evitan el uso de pesticidas y herbicidas, lo que puede reducir el estrés en las plantas y aumentar su capacidad para producir nutrientes, favoreciendo el proceso de fotosíntesis, durante el cual las plantas utilizan la energía de la luz solar a través de pigmentos llamados clorofila, que se encuentran en los cloroplastos de las células vegetales, para convertir el dióxido de carbono y el agua en carbohidratos, específicamente glucosa (Antón, 2018; Behr y Wiebe, 1992).

Mientras que los sistemas convenciones usan agroquímicos, los cuales pueden estresar a las plantas al afectar su metabolismo y sus funciones fisiológicas normales tal como se establece en la investigación de Crawford (2017). Por ejemplo, algunos herbicidas pueden inhibir la fotosíntesis en las plantas, lo que reduce su capacidad para producir energía y crecer adecuadamente. Del mismo modo, los insecticidas pueden afectar a las enzimas y procesos bioquímicos de las plantas, lo que puede dañar su crecimiento y desarrollo (Ramírez, 2021).

La explicación para las diferencias encontradas en el con-

tenido de fibra entre los sistemas de producción agroecológico y convencional, es muy similar al descrito para los carbohidratos, ya que la fibra es un nutriente que pertenece a este macronutriente. Es decir, los sistemas convencionales como se comentó anteriormente usan pesticidas que ocasionan un estrés en la planta, provocando una disminución en el porcentaje de fibra en las hortalizas, mientras que en los sistemas agroecológicos limitan el uso de pesticidas y en su lugar reactivan sus propios mecanismos de defensa, además utilizan la rotación de cultivos, lo que ayuda incrementar las concentraciones de nutrientes, entre ellos la fibra

En cuanto a los valores de proteína, varios autores atribuyen estas diferencias a las prácticas de manejo propias de cada sistema, por ejemplo, el sistema de producción agroecológico como se describió anteriormente presenta mayor contenido de nitrógeno en el suelo ya que los nutrientes se liberan lentamente, de acuerdo con el requerimiento de la planta; además, utiliza abonos orgánicos que fomentan el incremento y actividad de microorganismos benéficos en el suelo, los cuales favorecen la absorción del nitrógeno por parte de las plantas; tomando en cuenta que este mineral es esencial para la síntesis de proteínas, es por esto que se tiene como resultado, que el kale contiene mayores concentraciones de este macronutriente. En el caso del sistema convencional como se mencionó anteriormente utiliza fertilizantes nitrogenados, los cuales ofrecen fuentes de nitrógeno en una alta concentración durante poco tiempo, esto favorece la producción de hojas en las plantas; sin embargo, este comportamiento no favorece la absorción completa de este nutriente por parte del cultivo, obteniendo un kale con menor contenido de proteína (De Souza-Araújo et al., 2014; Popa et al., 2019; Santos et al., 2020; Yu et al., 2018).

Con la finalidad de realizar una comparación de los resultados obtenidos en cuanto al contenido de macronutrientes, a continuación, se exponen algunas investigaciones de otros cultivos, ya que no se ha encontrado en literatura trabajos similares que se relacionen con el kale. Por ejemplo, según De Souza-Araújo et al. (2014) al comparar la calidad nutricional de la lechuga en dos sistemas de producción, obtuvieron como resultados que la lechuga proveniente de un sistema orgánico presentó una humedad de 93,62% y fibra de 2,90%,

mientras que la lechuga convencional mostró una humedad de 93,84 % y fibra de 2,53 %. Así mismo, según Gastoł et al., (2011) al comparar el contenido de humedad y proteína en el cultivo de apio, obtuvieron como resultado que en los sistemas convencionales presentaron una humedad de 88,8 % y una proteína de 0,19 %, mientras que el apio convencional mostró una humedad de 88,0 % y 0,15 de proteína. Además, según Antón (2018), al realizar un estudio comparativo de macronutrientes de un sistema agroecológico y convencional en la lechuga, obtuvo los siguientes resultados para la lechuga agroecológica una humedad de 94,60 %, fibra de 1,90 % y carbohidratos de 12,11 %, mientras que la lechuga convencional mostró valores en cuanto a humedad de 95,35 %, fibra de 1,08 % y carbohidratos de 9,41 %.

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación, los micronutrientes si se vieron afectados por el sistema de producción, es decir las diferencias encontradas de calcio, potasio, hierro y vitamina C, entre los sistemas agroecológico y convencional, se deben a las prácticas propias de cada sistema, por ejemplo, los sistemas agroecológicos utilizan prácticas que minimizan o eliminan completamente el uso de pesticidas y herbicidas, esto puede tener beneficios importantes en la salud de las plantas, ya que reduce el estrés y les permite producir más nutrientes y vitaminas de forma natural. (De Oliveira et al., 2017).

Otros autores mencionan que la cantidad de nutrientes en el cultivo depende de la disponibilidad de minerales en el suelo, además, la agricultura agroecológica, emplea diversas técnicas para preservar la fertilidad del suelo, algunas de estas técnicas: es la rotación de cultivos para evitar la disminución de los nutrientes del suelo, asociación de cultivos que se incorporan al suelo para enriquecerlo; y la aplicación de abonos orgánicos (estiércol de animales y residuos de plantas) al suelo. La característica principal de estas prácticas es la incorporación de materia orgánica, la cual mantiene la estructura y provee alimento de forma continua a los microorganismos que se encuentran en el suelo; con estas técnicas, los nutrientes del suelo se liberan gradualmente con el tiempo, lo cual favorece, la absorción y disponibilidad de minerales hacia el cultivo, dando como resultado mayor contenido de estos nutrientes en el kale.

Por el contrario, en el sistema convencional existe el uso excesivo de fertilizantes químicos que disminuyen la fertilidad del suelo y comprometen la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Como resultado, las plantas fertilizadas con estos químicos se presentan con mayor crecimiento vegetal y menor valor nutricional, además, destruyen la vida en el suelo (Altieri, 1999; Gliessman, 1998; Nicholls y Altieri, 2019; Sarandón y Flores, 2014; Worthington, 2001).

Debido a la falta de estudios comparativos entre el kale orgánico y convencional en cuanto al contenido de micronutrientes, se realizó una comparación con otras investigaciones, en las que han realizado estudios similares, pero con otros cultivos. Por ejemplo, Kapoulas et al., (2017) al comparar el valor nutricional de cebolla verde, concluyo que la cebolla orgánica contenían mayores concentraciones de calcio 2,31 %, potasio 3,73 % y hierro 81,16 ppm; mientras que la cebolla convencional obtuvo valores para calcio de 0,92 %, potasio 2,64 % y hierro 57,97 ppm. Así mismo, Raigón (2018) manifiesta que la lechuga, col y escarola presentaron mayor contenido de potasio y calcio en la produc-

ción agroecológica que en la convencional, obteniendo valores superiores a 20 y 30 %, respectivamente. Del mismo modo, De Oliveira et al. (2017), en condiciones climáticas propias de Brasil, estudiaron la influencia del sistema de producción en la vitamina C del maracuyá y obtuvieron como resultado que el maracuyá orgánico, logró mayor contenido de vitamina C (28,72 mg/100 g) en comparación con el convencional (21,81 mg/100g); por otro lado, Domínguez, García y Raigón (2015) comprobaron que el pimiento verde ecológico contiene valores superiores al 10 % de vitamina C comparado con un convencional (Raigón, 2018).

CONCLUSIONES

El sistema agroecológico emplea prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, como la aplicación de abonos orgánicos (estiércol de vaca, oveja y gallinaza) e insecticidas naturales (ceniza, agua y detergente) mientras que los productores de sistemas convencionales suelen utilizar más agroquímicos y prácticas de manejo intensivo.

Las propiedades fisicoquímicas de kale como acidez, grados brix, pH, color, altura y ancho de la hoja no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de producción convencional y agroecológico.

La calidad nutricional del kale fue mayor en el sistema agroecológico que en el convencional, debido a que el cultivo agroecológico presenta valores superiores para macronutrientes entre un 12 a 48 %, mientras que en los minerales aumento entre el 25 y 76 % y 6,44 % para vitamina C.

En futuras investigaciones se sugiere implementar más análisis sobre otro tipo de suelo, bajo otro tipo de clima y el efecto de los pesticidas en la calidad nutricional de los cultivos. Además, para una mejor representatividad, se sugiere replicar estos análisis a más sistemas de producción dentro de cada lugar estudiado. Ya que este tipo de investigación contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los productores de los sistemas agroecológicos y convencionales que permitieron realizar los análisis en sus fincas, por su disposición y tiempo para colaborar con nosotros en esta investigación

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Altieri, M. (1999, marzo 17). AGROECOLOGÍA: Bases científicas para una agricultura sustentable. Biodiversidad en América Latina. https://www.biodiversidadla.org/Documentos/AGROECOLOGIA_Bases_cientificas_para_una_agricultura_sustentable.
- Andrade, C. M., y Ayaviri, D. (2018). Demand and Consumption of Organic Products in the Rióbamba Cantón, Ecuador. Información tecnológi-

- ca, 29(4), 217-226. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000400217>.
- Antón, L. (2018). Estudio comparativo de la composición de macronutrientes y micronutrientes en diferentes tipos de lechugas procedentes de cultivo ecológico y convencional. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>.
- AOAC. (2019). Official methods of analysis of AOAC International (21 ed). AOAC International. <http://www.eoma.aocac.org/>.
- Arroyo, P., Mazquiaran, L., Rodríguez, P., Valero, T., Ruiz, E., Ávila, J., y Varela, G. (2018). Informe Estado de Situación sobre “Frutas y Hortalizas: Nutrición y Salud en la España del S. XXI”. SEÑ - Sociedad Española de Nutrición. <https://www.sennutricion.org/es/2018/04/26/informe-estado-de-situacin-sobre-frutas-y-hortalizas-nutricin-y-salud-en-la-espaa-del-s-xxi>.
- Barrera, C. (2020). Concentración de nitratos en lechuga orejona (*Lactuca sativa* L. var. Parris Island) en un cultivo intercalar con hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.).
- Behr, U., y Wiebe, H.-J. (1992). Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae*, 49(3-4), 175-179. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(92\)90155-6](https://doi.org/10.1016/0304-4238(92)90155-6).
- Campuzano, A. M., Cornejo, F., Ruiz, O., y Peralta, E. L. (2010). Efecto del Tipo de Producción de Banano Cavendish en su Comportamiento Poscosecha. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 23(2), Article 2. <http://200.10.150.204/index.php/tecnologica/article/view/54>.
- Casajús, V., Perini, M., Ramos, R., Lourenco, A. B., Salinas, C., Sánchez, E., Fanello, D., Civello, P., Frezza, D., y Martínez, G. (2021). Harvesting at the end of the day extends postharvest life of kale (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*). *Scientia Horticulturae*, 276, 109757. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109757>.
- Casas, A., y Moreno, A. (2015, febrero 10). Seguridad alimentaria y cambio climático en América Latina. *Biodiversidad en América Latina*, 30(4). https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Revista_LEISA_Nutricion_y_agricultura_familiar_-_Volumen_30_numero_4.
- Chávez Caiza, J. P., y Burbano Rodríguez, R. T. (2021). Cambio climático y sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 29, 149-166. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4751>.
- Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., y Vázquez-Odériz, M. L. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004>.
- De Oliveira, A. B., De Almeida López, M. M., Moura, C. F. H., De Siqueira Oliveira, L., De Souza, K. O., Filho, E. G., Urban, L., y De Miranda, M. R. A. (2017). Effects of organic vs. Conventional farming systems on quality and antioxidant metabolism of passion fruit during maturation. *Scientia Horticulturae*, 222, 84-89. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.021>.
- De Souza Araújo, D. F., Da Silva, A. M. R. B., De Andrade Lima, L. L., Da Silva Vasconcelos, M. A., Andrade, S. A. C., y Asfora Sarubbo, L. (2014). The concentration of minerals and physicochemical contaminants in conventional and organic vegetables. *Food Control*, 44, 242-248. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.005>.
- Domínguez, A., García, M., y Raigón, M. (2015). La calidad de los frutos cítricos de producción ecológica. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/56245>.
- Fontana, L., Rossi, C. A., Hubinger, S. Z., Ferreira, M. D., Spoto, M. H. F., Sala, F. C., y Verruma-Bernardi, M. R. (2018). Physicochemical characterization and sensory evaluation of lettuce cultivated in three growing systems. *Horticultura Brasileira*, 36(1), 20-26. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180104>.
- Gąstoł, M., Domagała-Świątkiewicz, I., y Krośniak, M. (2011). Organic versus conventional – a comparative study on quality and nutritional value of fruit and vegetable juices. *Biological Agriculture & Horticulture*, 27(3-4), 310-319. <https://doi.org/10.1080/01448765.2011.648726>.
- Gliessman, S. R. (1998). *Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press.
- Kapoulas, N., Koukounaras, A., y Ilić, Z. S. (2017). Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. *Scientia Horticulturae*, 219, 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.027>.
- Martínez, S., Olmos, I., Carballo, J., y Franco, I. (2010). Quality parameters of Brassica spp. Grown in northwest Spain. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(4), 776-783. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02198.x>.
- Mora Bautista, M. A. (2021). Desarrollo y producción de Kale (*Brassica oleracea* var. *Acephala* auct.) en campo. [Tesis Doctoral]. Institución De Enseñanza E Investigación En Ciencias Agrícolas.
- Nicholls-Estrada, C., y Altieri, M. (2019). Caminos para la ampliación de la Agroecología.
- Popa, M. E., Mitelut, A. C., Popa, E. E., Stan, A., y Popa, V. I. (2019). Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 15-18. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.003>.
- Raigón, M. (2018). Calidad del alimento ecológico Sociedad Española de Agricultura Ecológica Agroecología. <https://docplayer.es/183208656-Calidad-calidad-del-alimento-ecologico-sociedad-espanola-de-agricultura-ecologica>.

Ramírez, F. (2021). El herbicida glifosato y sus alternativas. Universidad Nacional, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, 1, 1-29.

Reyes-Munguía, A., Rojas-Trejo, L., Campos-Montiel, R., Quintero-Lira, A., y Carrillo-Inungaray, M. (2017). Propiedades antioxidantes del extracto acuoso de Brassica oleracea var. Sabellica. <https://docplayer.es/88643933-Propiedades-antioxidantes-del-extracto-acuoso-de-brassica-oleracea-var-sabellica.html>.

Rodríguez, V., y Zumba, D. (2021). Influencia de tres variedades de col (Brassica oleracea) en la elaboración de chucrut—Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8266825>.

Santos, A. P. dos, Sousa, C. da S., Santos, Í. P. de O., Jesus, J. C. de, y Souza, F. M. de. (2020). Qualidade de plantas de alface produzidas sob sistema agroecológico e convencional. En R. J. de Oliveira, Agricultura Em Foco: Tópicos em Manejo, Fertilidade do Solo e Impactos Ambientais—Volume 3 (1.a ed., pp. 106-124). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/200800871>.

Sarandón, S. J., y Flores, C. C. (2014). Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/37280>.

Vitón, R., García, G., Soares, Y., Castillo, A., y Soto, A. (2017). AgroTech: Innovaciones que no sabías que eran de América Latina y el Caribe. <https://publications.iadb.org/es/agrotech-innovaciones-que-no-sabias-que-eran-de-america-latina-y-el-caribe>.

Worthington, V. (2001). Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7(2), 161-173. <https://doi.org/10.1089/107555301750164244>.

Yu, X., Guo, L., Jiang, G., Song, Y., y Muminov, M. A. (2018). Advances of organic products over conventional productions with respect to nutritional quality and food security. *Acta Ecologica Sinica*, 38(1), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.01.009>.