

**Efecto de la aplicación de prácticas culturales
en los fitoquímicos de cebolla (*Allium cepa*)
orgánica**

Edward David Moncada Muñoz

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la aplicación de prácticas culturales en los fitoquímicos de cebolla (*Allium cepa*) orgánica

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Edward David Moncada Muñoz

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Efecto de la aplicación de prácticas culturales en los fitoquímicos de cebolla (*Allium cepa*) orgánica

Edward David Moncada Muñoz

Resumen. Las plagas son un severo problema en las producciones agrícolas por su efecto en el rendimiento de los cultivos y en su calidad y perfil fitoquímico. Las alternativas para combatir esta problemática son limitadas para los productores orgánicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del manejo de plagas en las características químicas de las cebollas orgánicas. Un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial fue utilizado para evaluar tres variedades de cebolla, cuatro tipos de mulch, dos cultivos de cobertura y dos niveles de tiempo de cobertura flotante de las filas. En poscosecha, se cuantificó los compuestos fenólicos, actividad antioxidante, pungencia y azúcares totales mediante espectrofotometría. Análisis de significancia demostraron que la variedad de cebolla amarilla y el cultivo de cobertura fueron las variables que generaron más variación en la cuantificación de los compuestos químicos ($P < 0.05$). La variedad Sedona produjo niveles más bajos de azúcares totales y pungencia, mientras la Talon expresó una menor actividad antioxidante. El cultivo de cobertura micorrízico generó una mayor producción de antioxidantes, mientras que el cultivo sin micorrizas, incentivó a un mayor contenido de fenólicos y pungencia. Las aplicaciones de éstas prácticas culturales modifican los compuestos químicos de la cebolla orgánica, otorgando beneficios en campo para combatir plagas, como en poscosecha. Estudios futuros deberían evaluar el impacto de las modificaciones químicas generadas por las prácticas culturales, en el aspecto sensorial de las cebollas.

Palabras clave: Antioxidantes, azúcares totales, fenólicos, manejo de plagas, pungencia.

Abstract. Pests are a severe issue in agricultural productions due to their effect on crop yield and phytochemical profile and quality, affecting the marketability of products. Alternatives to fight against this issue are limited for organic producers. The objective of this study was to evaluate the effect of pest management on the organic onion chemical characteristics. A Completely Randomized Design with factorial arrangement was used to evaluate three onion varieties, four types of mulch, 2 cover crops and 2 levels of row cover timing (0 and 1 month). When harvested, total phenolics, antioxidant activity, pungency, and total sugars were measured through spectrophotometry. Significance analysis demonstrated that yellow onion genotype used and cover crop were the variables that generated higher variation in chemical components ($P < 0.05$). The Sedona variety produced significantly lower levels of total sugars and pungency, meanwhile the Talon variety expressed a lower antioxidant activity. The mycorrhizal cover crop generated higher production of antioxidants, while the Brassica, incentivized a higher content of phenolics and pungency. The application of these cultural practices modified the chemical components of organic onions, granting benefits in field against pests, and in post-harvest stage. Further studies may evaluate the impact of chemical modifications generated by field cultural practices, on the sensorial aspect of onions.

Key words: Antioxidants, bulb, pest management, phenolics, pungency, total sugars.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexo.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	19
5. RECOMENDACIONES.....	20
6. LITERATURA CITADA.....	21
7. ANEXO.....	24

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXO

Cuadros	Página
1. Descripción de tratamientos de prácticas culturales en cebolla amarilla orgánica.	3
2. Cuantificación de compuestos fenólicos (eq ácido gálico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Cortland.....	7
3. Cuantificación de compuestos fenólicos (eq ácido gálico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Sedona.....	9
4. Cuantificación de compuestos fenólicos (eq ácido gálico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Talon.	10
5. Análisis de significancia para la cuantificación de compuestos fenólicos en cebolla orgánica.	10
6. Análisis de actividad antioxidante (eq ácido trolox/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Cortland.....	11
7. Análisis de actividad antioxidante (eq ácido trolox/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Sedona.	12
8. Análisis de actividad antioxidante (eq ácido trolox/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Talon.....	13
9. Análisis de significancia para el análisis de actividad antioxidante.	13
10. Cuantificación de pungencia (eq ácido pirúvico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Cortland.....	14
11. Cuantificación de pungencia (eq ácido pirúvico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Sedona.	15
12. Cuantificación de pungencia (eq ácido pirúvico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Talon.....	16
13. Análisis de significancia para la pungencia.....	16
14. Análisis de significancia para azúcares totales en la cebolla orgánica.....	17
15. Separación de medias para azúcares totales según variedades de cebolla amarilla.....	18
16. Análisis de correlación entre pruebas químicas realizadas a la cebolla amarilla orgánica.	18
Anexo	Página
1. Separación de medias general para evaluaciones realizadas.....	24

1. INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa*) es conocida a nivel mundial como uno de los vegetales más consumidos por sus características nutricionales y sus propiedades medicinales (Fresh Trends 2018). La cebolla es un cultivo de importancia mundial, considerando que el valor estimado que este vegetal genera anualmente es de 6 billones de dólares (Ketter y Randle 1998). En Honduras, la producción de cebolla es aproximadamente de 17,500 toneladas (FAOSTAT 2017), lo cual, convierte a Honduras en el tercer país con mayor producción en Centro América, detrás de Guatemala y Costa Rica. Honduras contribuye con un 9.27% de la producción total de cebolla en Centro América (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola 2001).

La incidencia de plagas es un severo problema para el cultivo de la cebolla considerando que aproximadamente del 10 - 25% de la producción mundial de este vegetal se pierde por daños causados por insectos en campo (Shahnawaz 2005). En cuanto a las pérdidas pos-cosecha, se estima que es de 35% de la cebolla cosechada (Bureau of Agricultural Research 2018), dividido en las etapas de transporte, almacenamiento y comercialización. Considerando estos valores de pérdidas tan elevados, múltiples alternativas pueden ser empleadas para potenciar la calidad y resistencia del cultivo a condiciones adversas.

Las alternativas presentadas en este estudio fueron evaluadas para determinar su eficiencia en la reducción de plagas, y su aporte a la calidad química de la cebolla. El utilizar un cultivo de cobertura con colonización de micorrizas, puede provocar una variedad de respuestas bioquímicas dentro de la planta que puede afectar la preferencia de ovoposición de los insectos (Koricheva 2009). En cuanto a los mulch a ser evaluados, el uso de un color altamente reflectivo como el plateado, podría reducir la incidencia de trips y áfidos (Jenni *et al.* 2003). El mulch de plástico rojo, refleja una mayor relación rojo-rojo lejano, lo cual incrementa la relación raíz: brote, mejorando la comerciabilidad del cultivo (Orzolek *et al.* 2000). El uso de cubiertas de hileras brinda una protección temprana a las plántulas de los cultivos contra las plagas, reduciendo sus efectos negativos (Rojas *et al.* 2011).

La calidad química de la cebolla depende de diversos factores. En cuanto a la pungencia, lo cual, es el sabor único y característico que poseen las cebollas y se debe a los compuestos orgánicos de azufre producidos a partir de la descomposición enzimática de los precursores del sabor del óxido de S -alco (en) yl-L-cisteína (Ketter y Randle 1998). Muchos factores pueden afectar la intensidad del sabor y la cantidad de los precursores del sabor, por ejemplo, la genética del cultivar (que es el más importante según Yoo *et al.* 2006) ya que controla la asimilación del azufre en los precursores del sabor. El contenido de azúcares en el bulbo de la cebolla es importante ya que, recientemente las cebollas dulces se han hecho

populares entre los consumidores junto con un interés en producir este tipo de cebollas (Boyhan y Torrance 2002; Vidalia Onion Committee 2011). Como se mencionó anteriormente, la química del sabor en las cebollas es compleja, inestable e involucra varias reacciones químicas. El contenido de azúcar afecta el dulzor en los bulbos de cebolla, y el sabor general de la cebolla está determinado por la relación azúcar: pungencia (Vavrina y Smittle 1993). Los compuestos fenólicos son sustancias naturales en las plantas que funcionan como antioxidantes, con la funcionalidad de proteger al cuerpo de las enfermedades. Los principales compuestos fenólicos encontrados en las cebollas son la quercetina, el ácido gálico, el ácido ferúlico y sus glucósidos (Singh *et al.* 2009; Pérez-Gregorio *et al.* 2010). Específicamente, las cebollas se caracterizan por su flavonol-quercetina y derivados de quercetina (Roldán-Marín *et al.* 2009). El contenido fenólico total puede variar significativamente según los factores intrínsecos y extrínsecos, como la genética del cultivar, el suelo y las condiciones de crecimiento, el estado de madurez y las condiciones de cosecha (Jaffery *et al.* 2003). Las formas en que los antioxidantes funcionan, es que estos eliminan los radicales libres mediante tres mecanismos principales; transferencia de átomos de hidrógeno, transferencia de electrones y combinación de estas transferencias (Prior *et al.* 2005).

El implementar estas alternativas en campo, no solo beneficiará a los productores de cebolla a reducir incidencias de plagas y mejorar la calidad química de la cebolla. También otorgará beneficios a los consumidores, tomando en cuenta que, la presencia de compuestos antioxidantes previene la incidencia de ciertas enfermedades degenerativas, formas de cáncer y formación de cataratas (Roldán *et al.* 2008).

La finalidad de este estudio es poder determinar que prácticas se pueden aplicar en los campos de cebolla orgánica para poder reducir la incidencia de plagas y sus efectos, y así mismo, poder potenciar la calidad química del cultivo para obtener beneficios pos-cosecha y en la salud de los consumidores. Por lo tanto, los objetivos del estudio fueron:

- Determinar la influencia del uso de mulch plástico de distintos colores y duración de las cubiertas flotantes en las camas cultivadas, en los fitoquímicos y actividad antioxidante de la cebolla.
- Evaluar el impacto del uso de tres variedades de cebolla amarilla y cultivo de cobertura colonizado con micorrizas, en los fitoquímicos y actividad antioxidante de la cebolla.
- Determinar la influencia de las prácticas en campo en el contenido de azúcares de las cebollas orgánicas evaluadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación.

Las cebollas se cultivaron en Germansville, Pensilvania como un proyecto del Instituto Rodale iniciado en octubre de 2017 y está previsto que finalice en junio de 2020. Las muestras se enviaron en cajas refrigeradas a West Lafayette. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de Alimentos Procesados de la Universidad de Purdue.

Muestras frescas de cebolla orgánica (*Allium cepa*) fueron analizadas. Las muestras se obtuvieron de los campos de Germansville, Pennsylvania. En estos campos, las muestras fueron cultivadas bajo diferentes condiciones y luego, se tomó una selección aleatoria de cada uno de los tratamientos a evaluar.

Diseño experimental.

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de tratamiento 3×4×2×2 (Cuadro 1). Se evaluaron tres variedades de cebolla amarilla, cuatro tipos de mulch, dos cultivos de cobertura, y dos tiempos de cobertura de fila (0 y 1 mes) para un total de 48 unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos de prácticas culturales en cebolla amarilla orgánica.

Variedad	Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila (meses)
Cortland	Suelo desnudo	Brassica	0 y 1
		Micorriza	0 y 1
Sedona	Negro	Brassica	0 y 1
		Micorriza	0 y 1
Talon	Rojo	Brassica	0 y 1
		Micorriza	0 y 1
	Plateado	Brassica	0 y 1
Micorriza		0 y 1	

Las variedades fueron evaluadas para todos los tipos de mulch, los dos cultivos de cobertura, y ambos tiempos de cobertura de fila.

Cultivo de cobertura.

Se evaluaron dos cultivos de cobertura en este experimento, ya que los cultivadores de cebolla orgánica rotan la producción de sus cultivos con cultivos de cobertura como la avena, el centeno y el trigo que están asociados con los hongos micorrízicos. El propósito de estudiar este factor fue determinar si los cultivos de cobertura asociados o no con hongos micorrízicos pueden disuadir o atraer la ALM para la ovoposición. Los dos cultivos de cobertura evaluados son cultivos potenciadores de micorrizas o depresores de micorrizas.

Variedad.

Tres variedades de cebolla fueron evaluadas en este experimento. Las variedades fueron Talon, Cortland y Sedona. Cada variedad tiene sus propias características y propiedades, como la resistencia a ciertos factores, atributos químicos y físicos. El propósito fue concluir qué variedad y bajo qué condiciones se manifiesta una mejor resistencia contra las plagas y se desarrollan mejor los fitoquímicos.

Duración de la cubierta de la fila.

Se evaluaron dos tiempos del uso de la cubierta de fila. Un mes, y sin cobertura de fila en absoluto. Debido a que las cebollas se cosechan cuatro meses después de la siembra, se analizaron las duraciones de la cobertura de esta fila para determinar si tienen una diferencia significativa en los fitoquímicos de la cebolla. Las cubiertas de hileras pueden influir en el control de plagas, pero también pueden tener un efecto porque el cultivo recibirá menos cantidad de luz solar, lo que puede producir consecuencias específicas.

Técnica de plantación.

Se evaluaron dos técnicas de plantación diferentes, plantando la semilla de cebolla en un terreno desnudo o con un mantillo de plástico. También se evaluaron diferentes colores de acolchado plástico, negro, plateado y rojo. El acolchado de plástico puede proteger el suelo y el cultivo al evitar el crecimiento de plantas no deseadas que pueden ser plantas huésped de plagas. Por otro lado, el color del acolchado plástico puede afectar el desarrollo del cultivo, ya que involucra otros aspectos como la temperatura del suelo y la luz reflejada o absorbida.

Preparación de la muestra.

Se tomó una cantidad representativa del bulbo de cebolla, para lograrlo; el bulbo de cebolla se cortó longitudinalmente para obtener un pedazo de todas las capas. Luego, estas piezas se cortaron en piezas más pequeñas para que encajaran en un tubo Falcón para centrífuga de 15 mL. Cuando las piezas eran lo suficientemente pequeñas, todas fueron mezcladas y seleccionadas al azar y se pesaron 1 gramo en el tubo de 15 mL. Se prepararon dos tubos Falcon de 15 mL para cada muestra porque dos de los análisis que se realizarán son extracciones con base acuosa y los otros dos son extracciones a base de metano.

Metodología de análisis.

La preparación de la muestra consistió en los mismos pasos para el análisis que se realizó en este experimento. Como se mencionó anteriormente, se pesó un gramo representativo de todo el bulbo de cebolla en un tubo de 15 mL. Se prepararon dos tubos de 15 mL para cada una de las muestras considerando que dos de los análisis son extracciones con base acuosa (relación 1g de cebolla: 10 mL de agua destilada) y los otros dos son extracciones a base de metanol (relación 1g de cebolla : 2.5 mL de 80% metanol acidificado).

Cuantificación de pungencia.

Una vez que la muestra se pesó en el tubo de 15 mL, se agregaron 10 mL de agua purificada en el tubo. Usando un motor homogeneizador de mano Fisherbrand 150, la muestra se homogeneizó durante un minuto. Después de la homogeneización, las muestras se agitaron y se mantuvieron durante 10 minutos a temperatura ambiente. Luego, las muestras se transfirieron a otro tubo de 15 mL, utilizando dos capas de filtro de tela para separar los trozos pequeños de cebolla. El tubo con el filtrado se centrifugó a 5,000 rpm durante diez minutos y el sobrenadante se introdujo en un nuevo tubo. Luego, se transfirieron 500 uL del sobrenadante a un tubo de 2 mL, donde se agregaron 100 L más de agua. Luego, se agregaron 100 uL de 0,25 g / l de DNPH en HCl 1 M al tubo de ensayo y se agitaron en vórtex. La muestra se colocó en el calentador de placas a 37 °C durante 10 minutos. Finalmente, se añadieron 100 uL de NaOH 1.5 M al tubo de ensayo y se agitó en vórtex durante un minuto. La placa se introdujo en el espectrofotómetro en el que se midió la absorbancia a 515 nm (Anthon y Barrett 2003).

Cuantificación de actividad antioxidante.

Este análisis es una extracción basada en metanol. Para extraer los antioxidantes de la muestra de cebolla previamente pesada, se agregaron 2.5 mL de 80% metanol acidificado al tubo de ensayo de 15 mL. Para asegurarse de que todos los componentes se extrajeron de la muestra de cebolla, se agitó en vórtice durante un minuto cada 15 minutos durante 1 hora. Luego, los tubos se centrifugaron a 4.000 rpm durante diez minutos para que se pudieran extraer 2 mL del sobrenadante. A continuación, la solución madre de DPPH se preparó pesando exactamente 24 mg de DPPH en 100 mL de 80% metanol acidificado. La solución madre debe agitarse realmente bien para asegurarse de que todo el DPPH se haya disuelto y la absorbancia dada por el espectrofotómetro sea la correcta. Luego, se midió la absorbancia de la solución madre en el espectrofotómetro a 515 nm. La absorbancia de la solución madre debe estar entre 1.05 y 1.15 para asegurarse de que la actividad antioxidante de la muestra de cebolla se mide correctamente. Cuando la absorbancia de la solución de DPPH se encuentra entre el rango, se puede agregar 285 uL de esta solución a la placa de 96 pocillos y 15 uL de la muestra. Luego, se pone la placa en la oscuridad y se permite que la reacción ocurra durante 2 horas a temperatura ambiente. Luego, se mide la absorbancia a 515 nm. La preparación de la curva estándar consiste en el uso de Trolox que es un antioxidante conocido. Para hacer esto, se usaron concentraciones conocidas y se aseguró de que la absorbancia de estas concentraciones sea similar a la absorbancia de sus muestras. Mediante el uso de una ecuación de regresión, la actividad antioxidante se puede convertir en un equivalente (Masses y Reddivari 2014).

Cuantificación de fenólicos totales.

Este análisis es una extracción basada en metanol. Para extraer los antioxidantes de la muestra de cebolla previamente pesada, se agregaron 2.5 mL de metanol al 80% acidificado al tubo de ensayo de 15 mL. Para asegurarse de que todos los componentes se extrajeron de la muestra de cebolla, se agitó en vórtice durante 1 minuto cada 15 minutos durante 1 hora. Luego, los tubos se centrifugaron a 4,000 rpm durante 10 minutos para que se pudieran extraer 2 mL del sobrenadante. Luego, en la placa de 96 pocillos, se agregaron 35 uL de las muestras por triplicado. Posteriormente, se agregaron a los pocillos 150 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 115 µL de bicarbonato de sodio al 7,5%. La placa se incubó a 40°C durante 30 minutos en la oscuridad, y luego se enfrió durante 1 hora a temperatura ambiente. Finalmente, la placa se leyó en el espectrofotómetro a 765 nm (Masses y Reddivari 2014).

Cuantificación de azúcares totales.

Una vez que la muestra se pesó en el tubo de 15 mL, se agregaron 10 mL de agua purificada en el tubo. Usando un motor homogeneizador de mano Fisherbrand 150, la muestra se homogeneizó durante un minuto. Después de la homogeneización, las muestras se agitaron y se mantuvieron durante 10 minutos a temperatura ambiente. Luego, las muestras se transfirieron a otro tubo de 15 mL, pero utilizando dos capas de filtro para separar los trozos pequeños de cebolla. El tubo con el filtrado se centrifugó luego a 5,000 rpm durante 10 minutos y el sobrenadante se introdujo en un nuevo tubo. A continuación, se transfirieron 0.2 mL del sobrenadante de cebolla a un nuevo tubo de 2 mL, en el que también se agregaron 5 uL de fenol al 80% y se agitó con vórtex. Finalmente, se agregaron 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado al tubo de 2 mL y se agitó en vórtex durante un minuto. La muestra se añadió por triplicado en una placa de 96 pocillos y se colocó en la incubadora a 30°C durante 15 minutos. Luego, se leyó la placa en el espectrofotómetro a 480 nm (Dubois *et al.* 1955).

Análisis estadístico.

Los datos recopilados de los estudios experimentales para abordar los objetivos se compararon mediante análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el procedimiento del modelo lineal general en el programa estadístico SAS versión 9.4. Las medias se separaron utilizando la prueba de comparación múltiple Duncan para comparar los efectos principales con un nivel de significancia de $P < 0.05$, y el método de cuadrados mínimos (LSMEANS) para determinar las interacciones entre las variables evaluadas. Se realizó un análisis de correlación entre los análisis químicos realizados a la cebolla.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compuestos fenólicos totales.

En la cuantificación de los compuestos fenólicos totales presentes en la variedad de cebolla amarilla denominada Cortland, se puede apreciar diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 2). Los compuestos fenólicos cumplen un papel importante en las plantas al actuar como mecanismo de protección ante ciertas condiciones adversas que se podrían presentar en el ambiente como plagas, sequías, deficiencia de nutrientes, estrés, entre otros (Bravo 1998). Como se muestra en el Cuadro 2, los tratamientos en los que se utilizó la Brassica como cultivo de cobertura, se cuantificaron niveles más altos de compuestos fenólicos. Las micorrizas son las estructuras que resultan de la simbiosis entre los hongos y las raíces de las plantas, y están directamente relacionadas con la nutrición mineral de los cultivos (Ortas 2010). Las micorrizas también benefician a las plantas al estimular la producción de sustancias reguladoras de crecimiento, aumentar la fotosíntesis e incrementa la resistencia a plagas y enfermedades del suelo (Al-Karaki 2006).

Cuadro 2. Cuantificación de compuestos fenólicos (eq ácido gálico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Cortland.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	439 ± 98 ^{ab}	*
	Micorriza	419 ± 47 ^{ab}	*
Negro	Brassica	454 ± 22 ^{ax}	406 ± 57 ^{abcx}
	Micorriza	332 ± 26 ^{bcx}	381 ± 39 ^{bcx}
Rojo	Brassica	449 ± 63 ^{abx}	349 ± 31 ^{cy}
	Micorriza	371 ± 38 ^{abcx}	392 ± 55 ^{abcx}
Plateado	Brassica	421 ± 80 ^{abx}	470 ± 33 ^{ax}
	Micorriza	319 ± 31 ^{cx}	448 ± 60 ^{abx}
CV%		13	11

* Datos no colectados; CV = Coeficiente de variación; ^{a-c}Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento (P < 0.05), y medias con letras distintas (^{x-y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo (P < 0.05).

Al reconocer las bondades de las micorrizas hacia los cultivos, podemos determinar que los altos niveles de compuestos fenólicos presentes en los tratamientos que se utilizó el cultivo de cobertura, Brassica, son debido a que la planta está sometida a más estrés y no obtiene todos los beneficios que produce la relación simbiótica hongos-raíz. Al estar sometida a más estrés la respuesta natural de la planta se traduce a una mayor producción de compuestos fenólicos, y esta los almacena en la vacuola para liberarlos cuando sea necesario. La concentración de un compuesto fenólico en particular es dependiente de la temporada y puede variar según la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo (Ozyigit *et al.* 2007).

Al hacer la comparación entre el uso de cobertura de fila por un mes y sin el uso de éste, podemos observar pocas diferencias en la cuantificación de los compuestos fenólicos. Es decir que, el uso de la cobertura de fila realmente no tiene un efecto en la reducción o producción de estos compuestos dentro de la planta. Se podría concluir que el uso de la cobertura de fila tiene un potencial más evidente al evitar el ataque de plagas hasta cierto punto, sin embargo, luego del mes, la planta sigue expuesta al ataque de insectos y al resto de factores que podrían generar estrés e incentivar la producción de los compuestos fenólicos.

El cultivo de cobertura sigue siendo la variable más determinante, dado que, el cultivo de cobertura colonizado con micorriza es el que presenta niveles más bajos de compuestos fenólicos para la variedad Sedona (Cuadro 3). En estos resultados, al comparar los cultivos de cobertura para cada color de mulch, podemos notar que el cultivo de cobertura Brassica presenta mayores cantidades de compuestos fenólicos en todos los grupos de mulch excepto en el color plateado. En el caso del color de mulch plateado, el cultivo colonizado con micorriza presenta una mayor cantidad de compuestos fenólicos. Esto debido a que, el efecto de las micorrizas no es significativo en la reducción del estrés de la planta en este caso, ya que, la cantidad de luz reflejada por el plateado atrae a los insectos, tomando en cuenta que estos determinan su ovoposición mediante visión (Gorinstein *et al.* 2009), es decir, estos se dirigen a donde hay una mayor cantidad de luz reflejada, lo cual causa que en este caso, tanto el cultivo colonizado con micorrizas como el de Brassica se vea de igual manera afectado por la plaga traduciéndose a una producción de compuestos fenólicos similar.

Cuadro 3. Cuantificación de compuestos fenólicos (eq ácido gálico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Sedona.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	476 ± 86 ^a	*
	Micorriza	413 ± 41 ^{a b}	*
Negro	Brassica	414 ± 64 ^{a b x}	377 ± 13 ^{a x}
	Micorriza	365 ± 27 ^{b x}	383 ± 18 ^{a x}
Rojo	Brassica	456 ± 90 ^{a b x}	428 ± 79 ^{a x}
	Micorriza	430 ± 28 ^{a b x}	389 ± 55 ^{a x}
Plateado	Brassica	379 ± 73 ^{a b x}	368 ± 38 ^{a x}
	Micorriza	395 ± 44 ^{a b x}	406 ± 49 ^{a x}
CV%		9	6

* Datos no colectados; CV = Coeficiente de variación; ^{a-b} Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento ($P < 0.05$), y medias con letras distintas (^{x-y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo ($P < 0.05$).

En la cuantificación de los compuestos fenólicos en la variedad Talon (Cuadro 4), se puede observar un comportamiento similar al de la variedad Sedona, en cuanto a la diferencia en la cantidad de compuestos en el mulch de color plateado. Sin embargo, en el Cuadro 4, el coeficiente de variación para los resultados al usar cobertura de fila por un mes, es alto. Esto puede ser explicado tomando en cuenta que, los compuestos fenólicos, son considerados una respuesta a factores extrínsecos o intrínsecos que generan estrés a la planta (Vernica *et al.* 2014). Cabe recalcar que, específicamente en la variedad Brassica, se observa una reducción de compuestos fenólicos al comparar el uso de los dos tiempos de cobertura de fila. Esta reducción de fenólicos para la variedad Brassica de los mulch color negro y rojo genera que el coeficiente de variación entre la cuantificación de estos compuestos sea mayor. La reducción de los fenólicos se da específicamente para la variedad Brassica y los colores de mulch negro y rojo porque el uso de la cobertura de fila por un mes reduce el estrés provocado por la plaga y por el calor generado al suelo por la alta absorción de luz de ambos colores. La variedad Brassica para el mulch color plateado no mostró una reducción, ya que, la cantidad de luz que refleja este color atrae la plaga de manera significativa, reduciendo el efecto de la cobertura de fila, por lo tanto, generando más estrés a la planta lo que se traduce a altas cantidades de compuestos fenólicos. De igual manera, en el Cuadro 4, se observa que el cultivo de cobertura colonizado con micorrizas presenta un incremento de los compuestos fenólicos para todos los colores de mulch, por lo que, demuestra que la reducción de estrés por parte de la cobertura de fila no es significativa para el cultivo micorrízico.

Cuadro 4. Cuantificación de compuestos fenólicos (eq ácido gálico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Talon.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	255 ± 50 ^a	*
	Micorriza	231 ± 31 ^a	*
Negro	Brassica	243 ± 47 ^{a x}	197 ± 15 ^{bc x}
	Micorriza	225 ± 13 ^{a x}	294 ± 32 ^{abx}
Rojo	Brassica	257 ± 78 ^{a x}	158 ± 56 ^{c y}
	Micorriza	236 ± 54 ^{a x}	253 ± 42 ^{bc x}
Plateado	Brassica	202 ± 99 ^{a x}	323 ± 64 ^{abx}
	Micorriza	236 ± 49 ^{a x}	392 ± 98 ^{ay}
CV%		7	32

* Datos no colectados; CV = Coeficiente de variación; ^{a-c}Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento ($P < 0.05$), y medias con letras distintas ^{x-y} en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo ($P < 0.05$).

El análisis de significancia para la cuantificación de compuestos fenólicos en las cebollas orgánicas evaluadas (Cuadro 5), confirma que la variable influyente en este análisis fue el cultivo de cobertura empleado. Se confirmó que el cultivo de cobertura sin micorrizas colonizadas (Brassica) generó una mayor producción de compuestos fenólicos en las cebollas evaluadas.

Cuadro 5. Análisis de significancia para la cuantificación de compuestos fenólicos en cebolla orgánica.

Variables	Valor F	Pr>F
Cultivo de Cobertura	5.25	0.0236 Ψ
Tipo de Mulch	1.09	0.3566
Cobertura de Fila	0.90	0.3436
Variedad	1.44	0.2411
Interacción	1.12	0.3192

Ψ Presentó diferencia significativa.

Actividad antioxidante.

Recientemente se ha demostrado un incremento en el interés por el contenido de antioxidantes en las cebollas porque estudios epidemiológicos han confirmado sus beneficios en la reducción del riesgo de padecer de desórdenes neurodegenerativos y formas de cáncer (Roldán *et al.* 2008). Se ha reportado distintos grupos de compuestos antioxidantes presentes en la cebolla, los más significativos son los polifenoles, antocianinas, flavonoides, quercetina y sus glucósidos (Williamson *et al.* 1996). En cuanto a los vegetales, la composición y cantidad de los compuestos fenólicos, también conocidos como antioxidantes, varían significativamente según los factores intrínsecos y extrínsecos de la cebolla, como la genética de la planta, las condiciones del suelo y clima, estado de madurez y condiciones de cosecha, entre otros (Jaffery *et al.* 2003). En el análisis de la actividad antioxidante de la variedad Cortland (Cuadro 6), se puede determinar que existió una relación entre la cantidad de compuestos fenólicos presentes en la cebolla y su actividad antioxidante. Es decir, generalmente una mayor cantidad de fenólicos en la cebolla, se traduce en una mayor actividad antioxidante (Cheng *et al.* 2013). Una mayor cantidad de actividad antioxidante está asociada con el estrés de la planta como respuesta a distintas condiciones que la rodean. Por lo tanto, el cultivo de cobertura colonizado con micorrizas reduce el estrés de la planta, asimismo, reduciendo la cantidad de antioxidantes presentes en la cebolla. Es por esta misma razón que ciertos productores alrededor del mundo han adoptado la técnica de inducir la planta a estrés para incentivar la producción de compuestos fenólicos dentro de la planta y así obtener una capacidad antioxidante mayor e incrementar el valor del cultivo (Reddivari *et al.* 2007).

Cuadro 6. Análisis de actividad antioxidante (eq ácido trolox/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Cortland.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	396 ± 78 ^{a x}	383 ± 37 ^{a b x}
	Micorriza	370 ± 51 ^{a x}	367 ± 45 ^{a b x}
Negro	Brassica	384 ± 56 ^{a x}	370 ± 58 ^{a b x}
	Micorriza	363 ± 45 ^{a x}	392 ± 65 ^{a b x}
Rojo	Brassica	375 ± 40 ^{a x}	330 ± 39 ^{b x}
	Micorriza	413 ± 51 ^{a x}	366 ± 76 ^{a b x}
Plateado	Brassica	444 ± 28 ^{a x}	453 ± 8.5 ^{a x}
	Micorriza	422 ± 72 ^{a x}	360 ± 37 ^{a b x}
CV%		7	11

CV = Coeficiente de variación; ^{a - b} Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento (P < 0.05), y medias con letras distintas (^{x - y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo (P < 0.05).

Al analizar la actividad antioxidante para la variedad Sedona (Cuadro 7), podemos observar que esta no cumple con el mismo patrón, ya que, el uso de mulch en este caso, resulta en un aumento en la actividad antioxidante. Al realizar una comparación entre la cantidad de compuestos fenólicos mostrados en el Cuadro 3 y la actividad antioxidante mostrada en el Cuadro 7, se puede observar una disminución de antioxidantes. No todos los compuestos fenólicos cuantificados anteriormente tienen la función antioxidante, tomando en cuenta que para que estos puedan cumplir esta función necesitan de un grupo hidroxilo, el cual contiene un electrón para ser donado a un radical libre. Cabe mencionar que, aunque la variedad Brassica generó una mayor cantidad de compuestos fenólicos (Cuadro 3), en el análisis de actividad antioxidante, el cultivo de cobertura colonizado con micorrizas presenta una mayor actividad antioxidante, por lo cual, se puede concluir que la inducción a estrés en las plantas si incrementa la cantidad de compuestos fenólicos en la planta, sin embargo, no todos estos compuestos actúan como antioxidantes (Diouf *et al.* 2009).

Cuadro 7. Análisis de actividad antioxidante (eq ácido trolox/g peso fresco) cebolla amarilla var. Sedona.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	316 ± 97 ^a	*
	Micorriza	250 ± 60 ^{a b}	*
Negro	Brassica	209 ± 57 ^{a b x}	216 ± 50 ^{a x}
	Micorriza	276 ± 29 ^{a b x}	266 ± 34 ^{a x}
Rojo	Brassica	281 ± 70 ^{a b x}	194 ± 42 ^{a x}
	Micorriza	296 ± 38 ^{a b x}	251 ± 48 ^{a x}
Plateado	Brassica	184 ± 95 ^{b x}	193 ± 72 ^{a x}
	Micorriza	281 ± 66 ^{a b x}	281 ± 46 ^{a x}
CV%		17	16

* Datos no colectados; CV = Coeficiente de variación; ^{a-c}Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento ($P < 0.05$), y medias con letras distintas (^{x-y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo ($P < 0.05$).

Al analizar la actividad antioxidante para la variedad Talon (Cuadro 8), se observa el mismo comportamiento discutido para la variedad Sedona (Cuadro 7), lo cual confirma lo planteado en la discusión del cuadro anterior. Sin embargo, cabe recalcar que, para ambas variedades el único cultivo de cobertura micorrízico que presentó una menor actividad antioxidante fue el evaluado en suelo desnudo.

Cuadro 8. Análisis de actividad antioxidante (eq ácido trolox/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Talon.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	228 ± 85 ^{abcx}	209 ± 99 ^{abcx}
	Micorriza	183 ± 42 ^{bcx}	175 ± 97 ^{bcx}
Negro	Brassica	153 ± 50 ^{cx}	119 ± 30 ^{cx}
	Micorriza	233 ± 20 ^{abcx}	278 ± 55 ^{ax}
Rojo	Brassica	184 ± 49 ^{bcx}	131 ± 75 ^{bcx}
	Micorriza	286 ± 92 ^{ax}	210 ± 54 ^{abcx}
Plateado	Brassica	204 ± 20 ^{abcx}	213 ± 28 ^{abcx}
	Micorriza	273 ± 11 ^{abx}	221 ± 40 ^{abx}
CV%		21	26

CV = Coeficiente de variación; ^{a-c} Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento (P < 0.05), y medias con letras distintas (^{x-y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo (P < 0.05).

Según el Cuadro 9, se determinó que variables fueron significativas en la cuantificación de la actividad antioxidante. El cultivo de cobertura fue influyente, dado que, el cultivo de cobertura colonizado con micorriza generó una mayor cuantificación en este análisis. También, se determinó que variedad es influyente en este análisis, tomando en cuenta que, la variedad de cebolla amarilla denominada Talon tuvo una actividad antioxidante significativamente más baja que la de las otras variedades.

Cuadro 9. Análisis de significancia para el análisis de actividad antioxidante.

Variables	Valor F	Pr>F
Cultivo de Cobertura	11.7	0.0008Ψ
Tipo de Mulch	0.83	0.4808
Cobertura de Fila	0.26	0.6122
Variedad	5.21	0.0067Ψ
Interacción	1.20	0.2319

Ψ Presentó diferencia significativa.

Pungencia.

La intensidad del sabor está relacionada con la presencia de diferentes precursores y la ratio en el que estos se acumulan en el bulbo de la cebolla. Sin embargo, existen muchos factores que afectan la cantidad de estos precursores y, por lo tanto, la intensidad del sabor de la cebolla. La genética del cultivo es el factor que más influencia en esta característica de la cebolla (Yoo *et al.* 2006), ya que este controla la asimilación del azufre hacia los precursores del sabor. El ambiente en el cual se desarrolla el cultivo, es otro factor sumamente influenciado, ya que, cultivos que se conocen por tener baja pungencia, pueden ser manipulados para generar un incremento en esta característica. En cuanto a los factores ambientales que influyen, el más significativo es el suelo (McGorin 2011), dado que, según estudios recientes la cantidad de azufre y nitrógeno presentes y asimilables en el suelo influye directamente en la producción de los precursores que generan la pungencia en el bulbo de la cebolla. En la cuantificación de pungencia para la variedad Cortland (Cuadro 10), se puede observar que al utilizar el mulch de color rojo, el uso de los cultivos de cobertura se vuelve significativo en la cuantificación de la pungencia, ya que, el cultivo de cobertura micorrízico es significativamente diferente al Brassica en el mulch rojo para ambas variables de la cobertura de fila (cero y un mes de uso). Se puede observar que, el único cultivo de cobertura micorrízico que mostro diferencias significativas entre ellos fue el que se cultivó en suelo desnudo, por lo que, se puede deducir que el uso de plástico de cualquier color sobre el suelo, afecta la pungencia de las cebollas. Cabe recalcar que el uso de la cobertura de fila no tuvo efecto en la pungencia de las cebollas.

Cuadro 10. Cuantificación de pungencia (eq ácido pirúvico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Cortland.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	303 ± 16 ^{a b x}	*
	Micorriza	298 ± 59 ^{a b x}	*
Negro	Brassica	197 ± 98 ^{b c x}	223 ± 40 ^{a b x}
	Micorriza	123 ± 20 ^{c x}	113 ± 49 ^{b c x}
Rojo	Brassica	319 ± 39 ^{a x}	257 ± 76 ^{a x}
	Micorriza	172 ± 29 ^{c x}	85.8 ± 23 ^{c x}
Plateado	Brassica	200 ± 82 ^{b c x}	256 ± 87 ^{a x}
	Micorriza	173 ± 56 ^{c x}	90.5 ± 18 ^{c x}
CV%		33	49

* Datos no colectados; ^{a-c} Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento ($P < 0.05$), y medias con letras distintas (^{x-y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo ($P < 0.05$).

La cuantificación de pungencia en la variedad Sedona (Cuadro 11), muestra la relación existente entre los cultivos de cobertura micorrízicos para los diferentes mulch exceptuando el suelo desnudo, ya que, ninguno de ellos presenta diferencias significativas entre sí, sin embargo, a suelo desnudo se cuantificó una cantidad alta de pungencia para el cultivo de cobertura micorrízico. El cultivar a suelo desnudo permite un mejor desarrollo y beneficio de los cultivos de cobertura colonizado con micorrizas, ya que, de esta manera no hay interferencia de luz solar, calor generado al suelo, entre otros factores., que afecten el funcionamiento de las micorrizas en las raíces del cultivo (Beretta *et al.* 2017).

Cuadro 11. Cuantificación de pungencia (eq ácido pirúvico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Sedona.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	213 ± 98 ^{ab}	*
	Micorriza	240 ± 85 ^a	*
Negro	Brassica	113 ± 26 ^{bcdx}	153 ± 23 ^{abx}
	Micorriza	85.5 ± 26 ^{cdx}	88.8 ± 28 ^{abx}
Rojo	Brassica	181 ± 84 ^{abcdx}	191 ± 93 ^{abx}
	Micorriza	118 ± 24 ^{bcdx}	81.3 ± 30 ^{bx}
Plateado	Brassica	198 ± 88 ^{abcx}	201 ± 84 ^{ax}
	Micorriza	68.3 ± 26 ^{dx}	98.5 ± 25 ^{abx}
CV%		42	39

* Datos no colectados; ^{a-d} Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento ($P < 0.05$), y medias con letras distintas (^{x-y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo ($P < 0.05$).

La cuantificación de pungencia en la variedad Talon (Cuadro 12) presenta un comportamiento anormal en comparación a las otras variedades estudiadas. La variedad Talon, no presenta diferencias de las cuales se pueda concluir algún resultado que sea válido y sea aplicable. Sin embargo, la única diferencia que vale recalcar es entre el cultivo de cobertura Brassica en suelo desnudo y con el uso de mulch color plateado.

Para la cuantificación de pungencia en las tres variedades de cebolla amarilla, ninguna presentó diferencias significativas en cuanto al uso de la cobertura de fila, por lo que, se puede deducir que el uso de este no es significativo ni influencia en la pungencia desarrollada por la cebolla a lo largo de su ciclo de producción.

Cuadro 12. Cuantificación de pungencia (eq ácido pirúvico/g peso fresco) en cebolla amarilla var. Talon.

Tipo de Mulch	Cultivo de Cobertura	Tiempo de cobertura de fila	
		0 meses	1 mes
Suelo desnudo	Brassica	316 ± 48 ^{a x}	199 ± 95 ^{a x}
	Micorriza	230 ± 57 ^{abx}	291 ± 31 ^{a x}
Negro	Brassica	212 ± 81 ^{abx}	290 ± 24 ^{a x}
	Micorriza	163 ± 37 ^{bx}	166 ± 47 ^{a x}
Rojo	Brassica	196 ± 79 ^{abx}	192 ± 17 ^{a x}
	Micorriza	211 ± 27 ^{abx}	161 ± 79 ^{a x}
Plateado	Brassica	169 ± 61 ^{bx}	289 ± 38 ^{a x}
	Micorriza	222 ± 77 ^{abx}	254 ± 39 ^{a x}
CV%		22	25

* Datos no colectados; ^{a - b} Medias seguidas de letra diferente en cada columna representan diferencia estadística entre tratamiento ($P < 0.05$), y medias con letras distintas (^{x - y}) en la misma fila indican diferencia estadística en el tiempo ($P < 0.05$).

Según el análisis de significancia para la pungencia en las cebollas evaluadas (Cuadro 13), se determinó que este es el análisis que es más influenciado por las variables estudiadas, ya que, la única variable que no fue determinante fue el uso de la cobertura de fila y la interacción entre variables.

Cuadro 13. Análisis de significancia para la pungencia.

Variables	Valor F	Pr>F
Cultivo de Cobertura	21.9	<.0001Ψ
Tipo de Mulch	7.53	0.0001Ψ
Cobertura de Fila	0.07	0.7911
Variedad	10.4	<.0001Ψ
Interacción	1.19	0.2377

Ψ Presentó diferencia significativa.

Se determinó que el cultivo de cobertura que generó una mayor pungencia en las cebollas fue la Brassica. Esto se asocia a la asimilación de compuestos sulfurados del suelo, por lo que, se puede deducir que el rol de las micorrizas en la raíz del cultivo disminuyó la pungencia. Se determinó que el uso de mulch plástico de diferentes colores no tuvo un efecto significativo en la pungencia de las cebollas, dado que, las cebollas cultivadas a suelo desnudo presentaron niveles significativamente más altos de pungencia. Finalmente, se determinó que la variedad Sedona presentó niveles más bajos de pungencia en los bulbos de cebolla.

Azúcares totales.

Tomando en cuenta que la producción de cebolla no debe centrarse solamente en rendimientos, o productividad del cultivo, sino que, enfocarse también en la comerciabilidad del bulbo de cebolla. Cuando se habla de comerciabilidad del bulbo de cebolla, se consideran dos aspectos importantes, la calidad física y química de la cebolla. En cuanto a la calidad química, es de suma importancia el sabor del producto, ya que, una cebolla muy dulce puede no ser bien percibida por los consumidores, así como, una cebolla con pungencia muy elevada puede ser rechazada por el mercado. Hay diversos factores que pueden ser manipulados con el fin de obtener niveles de azúcares deseados en el bulbo de la cebolla. Sin embargo, en este estudio, solo una variable fue significativa en cuanto a la cuantificación de los azúcares totales en el bulbo de la cebolla orgánica. Según el Cuadro 14, la variedad de cebolla utilizada si influyó en la cuantificación de los azúcares, por lo que, se puede deducir que las prácticas culturales empleadas en campo no afectan los macronutrientes, en este caso los azúcares, de la cebolla. También, se puede observar que no hubo interacción significativa entre las variables.

Cuadro 14. Análisis de significancia para azúcares totales en la cebolla orgánica.

Variables	Valor F	Pr>F
Cultivo de Cobertura	3.66	0.0580
Tipo de Mulch	0.98	0.4028
Cobertura de Fila	0.03	0.8609
Variedad	13.7	<.0001
Interacción	0.69	0.9012

En el Cuadro 15, se puede deducir de forma general, que la variedad Sedona presentó niveles significativamente más bajos al ser comparado con las otras variedades evaluadas. La significancia de la variedad utilizada en la cuantificación de azúcares totales se basa por la genética de la misma, es decir, cada variedad es genéticamente diferente y tiene una asimilación diferente de nutrientes del suelo y desarrollo de macronutrientes (Yoo *et al.* 2012). Dado que, todas las variedades fueron expuestas a las mismas condiciones ambientales, esta variante no se tomó en cuenta.

Cuadro 15. Separación de medias para azúcares totales según variedades de cebolla amarilla.

Variedad	Media	Separación de medias Duncan
Cortland	57.64	A
Talon	53.84	A
Sedona	43.23	B

Los resultados observados en el Cuadro 16, indican que existió una correlación positiva moderada entre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante, lo cual confirma lo discutido anteriormente. Esta correlación positiva moderada quiere decir que, a mayor cantidad de compuestos fenólicos presentes en el bulbo de la cebolla, mayor será la actividad antioxidante de la misma.

Cuadro 16. Análisis de correlación entre pruebas químicas realizadas a la cebolla amarilla orgánica.

Pruebas	Fenólicos	Actividad Anti Oxidante	Pungencia	Azúcares Totales
Fenólicos	1.00	0.65 <.0001	0.23 0.0018	0.15 0.0444
Actividad Anti Oxidante	0.65 <.0001	1.00	-0.10 0.1472	-0.06 0.3797
Pungencia	0.23 0.0018	-0.10 0.1472	1.00	0.47 <.0001
Azúcares Totales	0.15 0.0444	-0.06 0.3797	0.47 <.0001	1.00

4. CONCLUSIONES

- Los tiempos de cubierta en las camas cultivadas no presentaron ningún efecto en las características químicas de la cebolla orgánica.
- El uso de mulch plástico de colores redujo significativamente los componentes pungentes.
- El cultivo de cobertura influyó significativamente el perfil fitoquímico de la cebolla y su actividad antioxidante.
- La única variable que generó diferencias significativas en los azúcares totales fue la variedad de cebolla, en la cual, la Sedona presentó menor contenido que las otras variedades evaluadas.

5. RECOMENDACIONES

- Correlacionar los resultados de este estudio con los resultados obtenidos en campo (reducción en la incidencia de la plaga, rendimiento y productividad), para poder determinar que tratamiento desarrolla de mejor manera la calidad química de la cebolla y tiene un mejor desempeño al ser cultivada.
- Realizar un análisis sensorial para verificar si las modificaciones en los fitoquímicos y macronutrientes de la cebolla son percibidas por el consumidor.
- Analizar que compuestos fenólicos en específico son realizados por los tratamientos evaluados.
- Realizar un análisis de suelo para comprobar que las cebollas están siendo cultivadas bajo las mismas condiciones, tomando en cuenta que, los compuestos presentes en el suelo son influyentes en el desarrollo de los compuestos químicos evaluados.

6. LITERATURA CITADA

- Al-Karaki GN. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae*; 109:1–7.
- Anthon, G., & Barrett, D. 2003. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(12), 1210-1213.
- Beretta, Bannoud, Insani, Galmarini, & Cavagnaro. 2017. Variability in spectrophotometric pyruvate analyses for predicting onion pungency and nutraceutical value. *Food Chemistry*, 224, 201-206.
- Boyhan GE, Torrance RL. 2002. *Vidalia* onions-sweet onion production in southeastern Georgia. *HortTechnol* 12:196–202.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56: 317-333. doi:10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- Bureau of Agricultural Research. 2018. Minimizing postharvest losses in onion through effective handling techniques. BAR Website (available at <https://www.bar.gov.ph/index.php/news-and-events/5157-2014-01-onions-postharvest>).
- Cheng A. Chen X. Jin Q, Wang W. Shi J. Liu Y. 2013. Comparison of phenolic content and antioxidant capacity of red and yellow onions. *Czech J. Food Sci.*, 31: 501–508.
- Diouf P.N., Stevanovic T., Cloutier A. 2009. Study on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of hot water extract from *Picea mariana* bark and its proanthocyanidin-rich fractions. *Food Chemistry*, 113: 897–902.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P., & Smith, F. 1955. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- FAOSTAT. 2017. Producción de cultivos. Dirección de Estadística, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Retrieved from, <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/compare/Q/QC/S>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2001. Informe Técnico 2000. Centro de Comunicaciones Agrícolas, CIMA y Servicios Agrícolas. Retrieved from, http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/inf_tec_comunicaciones_2000.pdf

- Gorinstein, Shela, Park, Yong-Seo, Heo, Buk-Gu, Namiesnik, Jacek, Leontowicz, Hanna, Leontowicz, Maria, Kang, Seong-Gook. 2009. A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *European Food Research and Technology*, 228(6), 903-911.
- Jaffery E.H., Brown A.F., Kurilich A.C., Keek A.S., Matusheski N., Klein B.P. 2003. Variation in content of bioactive components in broccoli. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 323–330.
- Jenni, S., J.F. Dubuc, and K.A. Stewart. 2003. Plastic mulches and row covers for early and midseason crisphead lettuce produced on organic soils. *Can. J. Plant Sci.* 83:921-929.
- Ketter, Catherine. & Randle, William. 1998. Pungency Assessment in Onions. Chapter 11. University of Georgia. Association for Biology Laboratory Education.
- Koricheva, J. , Gange, A. C. and Jones, T. 2009, Effects of mycorrhizal fungi on insect herbivores: a meta-analysis. *Ecology*, 90: 2088-2097. doi:10.1890/08-1555.1
- Masses, Aaron R., Reddivari, Lavanya, & Vanamala, Jairam. 2014. Dermal Layer of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor*) Stalk, a Byproduct of Biofuel Production and Source of Unique 3-Deoxyanthocyanidins, Has More Antiproliferative and Proapoptotic Activity than the Pith in p53 Variants of HCT116 and Colon Cancer Stem Cells.
- McGorin RJ. 2011. The Significance of Volatile Sulfur Compounds in Food Flavors. In: *Volatile Sulfur Compounds in Food*. Vol. 1068. American Chemical Society. p. 3–31 (ACS Symposium Series; vol. 1068).
- Ortaş İ. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8. doi:10.5424/sjar/201008S1-1230.
- Ortaş İ, Sari N, Akpınar Ç, Yetisir H. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*. 128. doi:10.1016/j.scienta.2010.12.014.
- Ozyigit II, Kahraman MV, Ercan O. 2007. Relation between explant age, total phenols and regeneration response of tissue cultured cotton (*Gossypium hirsutum L.*). *Afr. J. Biotechnol*, 6(1): 3-8.
- Pérez-Gregorio R.M., García-Falcón M.S., SimalGándara J., Rodrigues A.S., Almeida D.P.F. 2010. Identification and quantification of flavonoids in traditional cultivars of red and white onions at harvest. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 592–598.
- Prior L.R., Wu X., Schaich K. 2005: Standard methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4290–4302.
- Reddivari L, Hale A, Miller J. 2007. Determination of phenolic content, composition and their contribution to antioxidant activity in specialty potato selections. *American Journal of Potato Research*. 84. doi:10.1007/BF02986239

- Reissig, Storminger, & Leloir. 1955. A modified colorimetric method for the estimation of N-acetylamino sugars. *The Journal of Biological Chemistry*, 217(2), 959-66.
- Rojas, E.S., M.L. Gleason, J.C. Batzer, and M. Duffy. 2011. Feasibility of delaying of row covers to suppress bacterial wilt of muskmelon (*Cucumis melo*). *Plant Disease* 95:729-734.
- Roldán E., Sánchez-Moreno C., De Ancos B., Cano M.P. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa*) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chemistry*, 108: 907–916.
- Roldán-Marín E., Sánchez-Moreno C., Lloría R., De Ancos B., Cano M.P. 2009: Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 42(4), 835-841.
- Shahnawaz K. 2005. Estimation of Yield Loss in Onion Due to Onion Thrips, *Thrips tabaci* Lindeman. Department of Agricultural Entomology. *Karnataka J.Agric.Sci.*,18 (2):(513-514).
- Sharma, & Bhat. 2009. DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry*, 113(4), 1202-1205.
- Singh B.N., Singh B.R., Singh L., Prakash D., Singh D.P., Sarma B.K., Upadhyay G., Singh B. 2009: Polyphenolics from various extracts/fractions of red onion (*Allium cepa*) peel with potent antioxidant and antimutagenic activities. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 1161–1167
- Vavrina CS, Smittle DA. 1993. Evaluating sweet onion cultivars for sugar concentrations and pungency. *HortScience* 28:804–6
- Vernica C., S., Mara De Los Ngeles, F., Claudio R., G., & Fernanda, S. 2014. Analysis of phenolic compounds in onion nectar by miniaturized off-line solid phase extraction-capillary zone electrophoresis. *Analytical Methods*, 6(13), 4878-4884.
- Vidalia Onion Committee. 2011. Available from: http://vidaliaonion.org/farming/storage_and_shipping.
- Williamson G, Plumb GW, Uda Y, Price KR, Rhodes MJ. 1996. Dietary quercetin glycosides: antioxidant activity and induction of the anticarcinogenic phase II marker enzyme quinone reductase in Hepalcl7 cells. *Carcinogenesis*. 17(11):2385–2387. <https://doi.org/10.1093/carcin/17.11.2385>. doi:10.1093/carcin/17.11.2385.
- Yoo, K.S., Pike, L., Crosby, K., Jones, R., & Leskovar, D. 2006. Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb sizes. *Scientia Horticulturae*, 110, 144-149.
- Yoo, Kil S., Lee, Eun J., & Patil, Bhimanagouda S. 2012. Changes in flavor precursors, pungency, and sugar content in short-day onion bulbs during 5-month storage at various temperatures or in controlled atmosphere.(Report). *Journal of Food Science*, 77(1 3), C216-C221.

7. ANEXO

Anexo 1. Separación de medias general para evaluaciones realizadas.

Cultivo de Cobertura	Media compuestos fenólicos	Separación de medias Duncan
Brassica	409.95	A
Micorriza	386.10	B
Cultivo de Cobertura	Media actividad antioxidante	Separación de medias Duncan
Micorriza	255.63	A
Brassica	212.10	B
Variedad	Media actividad antioxidante	Separación de medias Duncan
Cortland	250.09	A
Sedona	249.29	A
Talon	206.17	B
Cultivo de Cobertura	Media pungencia	Separación de medias Duncan
Brassica	221.3	A
Micorriza	160.5	B
Tipo de Mulch	Media pungencia	Separación de medias Duncan
Suelo desnudo	261.3	A
Plateado	184.9	B
Rojo	180.2	B
Negro	160.5	B
Variedad	Media pungencia	Separación de medias Duncan
Talon	222.5	A
Cortland	200.6	A
Sedona	144.9	B