



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, \_14 de enero de 2022\_\_\_\_\_

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

\_\_\_\_OSCAR ANDRES TORRES CERON\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_83040748\_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

titulado\_\_ **Evaluación del contenido de proteínas en semillas de café en 4 diferentes sustratos durante la germinación** \_\_\_\_\_

presentado y aprobado en el año \_2021\_ como requisito para optar al título de **MAGISTER EN CIENCIA Y**

**TECNOLOGIA DEL CAFÉ;**

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: OSCAR ANDRES TORRES CERON

Firma:  \_\_\_\_\_



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Evaluación del contenido de proteínas en semillas de café en 4 diferentes sustratos durante la germinación

**AUTOR O AUTORES:** OSCAR ANDRES TORRES CERON

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
TORRES CERON	OSCAR ANDRES

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
POLO LEDESMA	REINALDO EMILIO

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** MAGISTER EN CIENCIA Y TEGNOLOGIA DEL CAFE

**FACULTAD:** DE INGENIERIA

**PROGRAMA O POSGRADO:** MAESTRIA EN CIENCIA Y TEGNOLOGIA DEL CAFE

**CIUDAD:** NEIVA

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2021

**NÚMERO DE PÁGINAS:**

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_\_\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general\_\_\_ Grabados\_\_\_  
Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas  
o Cuadros\_X\_

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**



**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

**Español**

**Inglés**

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Harina de café verde           | Green coffee flour               |
| 2. Germinación                    | Germination                      |
| 3. Proteínas                      | Proteins                         |
| 4. Micorrizas                     | Mycorrhizae                      |
| 5. Ácido Alfa Naftalenacético-ANA | Alpha Naphthaleneacetic Acid-ANA |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En el endospermo de las semillas del café se encuentran principalmente almacenadas las proteínas de reserva que son usadas en el proceso de germinación para el crecimiento del embrión. El contenido y la movilización de dichas proteínas impactan de manera directa en la supervivencia de la semilla hasta que la plántula se desarrolla y posteriormente en el perfil sensorial de la bebida de café porque los principales componentes que le transfieren dichas características se generan en las reacciones de Maillard a partir de sus aminoácidos y azúcares libres en el proceso de tueste; teniendo en cuenta que estos mecanismos son poco estudiados para el café se planteó la evaluación del contenido de proteína en la semilla de café en relación a sustratos de germinación, tales como arena T2, suelo T3, suelo más micorriza T4, suelo más ANA T5 en periodos de tiempo de 0, 20 y 40 días; reportándose valores entre  $61,58 \pm 11,52$  (g/dl) con diferencias significativas para los cuatro tipos de sustratos en relación con el tiempo de germinación.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

In the endosperm of coffee seeds are mainly stored reserve proteins that are used in the germination process for the growth of the embryo. The content and mobilization of these proteins have a direct impact on the survival of the seed until the seedling develops and subsequently on the sensory profile of the coffee beverage because the main components that transfer these characteristics are generated in the Maillard reactions from its amino acids and free sugars in the roasting process; Taking into account that these mechanisms are little studied for coffee, the evaluation of the protein content in the coffee seed in relation to germination substrates such as sand T2, soil T3, soil plus mycorrhiza T4, soil plus ANA T5 in periods of time of 0, 20 and 40 days was proposed; reporting values between  $61.58 \pm 11.52$  (g/dl) with significant differences for the four types of substrates in relation to the germination time.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Jurado: JAIME DANIEL BUSTOS

Firma:

Nombre Jurado: Nelson Gutiérrez Guzmán

Firma:

## **Evaluación del contenido de proteínas en semillas de café en 4 diferentes sustratos durante la germinación.**

Evaluation of protein content in coffee seeds in 4 different substrates during germination.

Óscar Andrés Torres Cerón<sup>1</sup>, Emilio Polo<sup>2</sup>

### **Summary**

In the endosperm of coffee seeds are mainly stored reserve proteins that are used in the germination process for the growth of the embryo. The content and mobilization of these proteins have a direct impact on the survival of the seed until the seedling develops and subsequently on the sensory profile of the coffee beverage because the main components that transfer these characteristics are generated in the Maillard reactions from its amino acids and free sugars in the roasting process; Taking into account that these mechanisms are little studied for coffee, the evaluation of the protein content in the coffee seed in relation to germination substrates such as sand T2, soil T3, soil plus mycorrhiza T4, soil plus ANA T5 in periods of time of 0, 20 and 40 days was proposed; reporting values between  $61.58 \pm 11.52$  (g/dl) with significant differences for the four types of substrates in relation to the germination time.

Key words: green coffee flour, germination, proteins, mycorrhizae, Alpha Naphthaleneacetic Acid-ANA.

### **Resumen**

En el endospermo de las semillas del café se encuentran principalmente almacenadas las proteínas de reserva que son usadas en el proceso de germinación para el crecimiento del embrión. El contenido y la movilización de dichas proteínas impactan de manera directa en la

supervivencia de la semilla hasta que la plántula se desarrolla y posteriormente en el perfil sensorial de la bebida de café porque los principales componentes que le transfieren dicha característica se generan en las reacciones de Maillard a partir de sus aminoácidos y azúcares libres en el proceso de tueste; teniendo en cuenta que estos mecanismos son poco estudiados para el café se planteó la evaluación del contenido de proteína en la semilla de café en relación a sustratos de germinación, tales como arena T2, suelo T3, suelo más micorriza T4, suelo más ANA T5 en periodos de tiempo de 0, 20 y 40 días; reportándose valores entre  $61,58 \pm 11,52$  (g/dl) con diferencias significativas para los cuatro tipos de sustratos en relación con el tiempo de germinación.

Palabras clave: harina de café verde, germinación, proteínas, micorrizas, Ácido Alfa Naftalenacético-ANA

## **1. Introducción**

La germinación de la semilla es una etapa fundamental en el ciclo de vida de la planta, donde los diferentes compuestos que se encuentran almacenados experimentan una transición metabólica de estado casi inactivo a altamente activo (Gailand et al., 2014); acompañado de modificaciones en las proteínas como lo menciona Franco et al. (2009). El desarrollo de la semilla de café se acompaña de modificaciones en las proteínas durante los procesos de germinación. Siendo el café un alimento importante económicamente en los países productores y una de las bebidas de mayor consumo en el mundo, es pertinente conocer dentro de toda su cadena de producción los procesos que ocurren para obtener un producto de calidad, lo cual hace importante entender que ocurre en el grano durante el proceso de germinación.

Las semillas de café están compuestas por metabolitos primarios: carbohidratos (da Silva et al., 2004)

proteínas (Franco et al., 2009), lípidos (Marin et al., 2021) y metabolitos secundarios que intervienen durante el proceso de germinación. Esta composición puede diferenciarse según variedad de la semilla, origen (clima, composición del suelo) y procesamiento (Shimizu & Mazzafera, 2000), (Clifford, 1985). (Shimizu & Mazzafera, n.d.). (Müntz, 1998). Los valores de proteína reportados en la almendra de café verde (semillas de café) entre 8,5% y 12% (WSchieberle, 2009) y 13-16% aproximadamente (Baú, Mazzafera, & Santoro, 2001). buscar

Las funciones de las proteínas son específicas de acuerdo a su tipo, permitiendo a las células defenderse de agentes externos, mantener su integridad, regular funciones, dar energía al embrión y además reparar daños (Guillen, 2009). En las semillas, las proteínas se acumulan en orgánulos llamados cuerpos proteicos, quedando aisladas de la proteólisis incontrolada de las proteinasas, tras la germinación por acción de las endo y exoproteinasas, los pequeños péptidos y aminoácidos generados por el corte de las proteínas almacenadas que pueden permanecer en el tejido de almacenamiento o trasladarse a la planta en desarrollo (Callis, 1995). En las semillas de café las proteínas de reserva obedecen a complejos supramoleculares (Clifford And K.C. Willson, 1985).

La movilización de proteínas es limitada por que se da un proceso de síntesis para realizar una función determinada que para el caso de la semilla del café es ayudar a la emergencia del embrión y desarrollo de una nueva planta, sin embargo los estudios existentes se han realizado de principalmente en las leguminosas y los cereales (Derbyshire et al., 1976; Callis, 1995; Chiou et al., 1997; Ferreira et al., 1995; Müntz, 1998) aunque también se dispone de información para otras especies (Elmore y Paul, 1980; García-Agustín y Primo-Millo, 1989; García-Agustín y Primo-Millo, 1990; King y Gifford, 1997)

La semilla de café es asincrónica y lenta, lo cual dificulta la homogeneidad en la germinación, asimismo este proceso se lleva a cabo en condiciones de humedad y sustrato idóneo, (Selmar



et al., 2006). En estudios realizados por (Flórez Claudia, 2013) (Eira et al., 2006), se asegura que durante el proceso de germinación hay un primer estado de imbibición, luego de ocho días una transformación física, y al día diez la emergencia del embrión punto en que se encuentra el 50% de la semilla. No si esto advertirse de una posible una germinación temprana.

El crecimiento del embrión promueve el debilitamiento del endospermo y la emergencia de la radícula, de igual modo que se inicia la actividad de diversas proteínas de reserva y carbohidratos (Amaral Da Silva et al., 2008) En el embrión de la semilla de café hay un potencial de turgencia, en donde se demuestra que con la captación del agua se empieza la expansión y degradación de las proteínas de reserva en el endospermo suministrado energía al embrión para su emergencia (Shimizu & Mazzafera, n.d.) y (da Silva et al., 2004). Adicional a esto, los cambios en los reguladores del crecimiento de las plantas están asociados con la inducción de enzimas (da Silva, 2005): Donde la hidrólisis enzimática restringida de las células que rodean al embrión y crean espacio para aumentar la flexibilidad y plasticidad, son necesarias para la expansión del mismo y más tarde para la movilización de reservas de proteínas que se degradan gracias a las proteasas. (Amaral Da Silva et al., 2008) (Callis, 1995) (Payne, 1986). Encontrándose que dicho almacenamiento de proteínas en las semillas de café puede variar en porcentaje de acuerdo al tipo de sustrato en el que se germina la semilla.

Los reguladores fisiológicos han sido utilizados principalmente durante el crecimiento de plantas tales como las micorrizas, que son inoculantes microbianas que ayudan a que la planta obtenga energía en mayor cantidad y no dependa de insumos químicos (Bhardwaj et al., 2014). Las micorrizas se encuentran en las leguminosas en sus raíces de manera natural (Bullard et al., 2005). Así mismo, se encuentran más reguladores fisiológicos beneficiosos

que ayudan a la oxigenación del suelo mejorando la calidad del suelo y las cantidades de raíces (Abbott et al., 2018). Los hongos micorrizas forman una asociación simbiótica mejorando la absorción de nitrógeno creando una resistencia al estrés de la planta (Smith y Read, 2008). De acuerdo a Smith y Read (2008) las micorrizas aportan cerca del 80% de Potasio y Nitrogeno (Smith y Read, 2008), siendo importante en los procesos de germinación, crecimiento y producción de las plantas Rillig et al. (2019).

Considerando el uso que tienen las micorrizas de origen orgánico, en el mercado se han sintetizado de forma química un regulador fisiológico con propiedades hormonales denominado ANA (ácido Alfa- Naftalenacético), familia de las auxinas para uso con fines para la explotación agrícola, potenciando el aumento de raíces y generando una mejora en la absorción de los nutrientes cumpliendo una función equivalente a las micorrizas ( Vosátka et al., 2008).

En la actualidad, gran parte de estudios se han centrado en aspectos sensoriales de la bebida (Selmar et al., 2006), la mayoría de las investigaciones para determinar el almacenamiento de las proteínas en las semillas se han realizado en las legumbres y los cereales, existiendo pocos estudios realizados en las semillas del café.

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar en qué tipo de sustrato arena T1, suelo T2, suelo más micorrizas T3 y suelo más ANA (ácido Alfa- Naftalenacético) T4, se obtendría la mayor concentración de proteína en las semillas de café, durante el proceso de germinación en tres (3) lapsos: día cero (0), día veinte (20) y día cuarenta (40).

## 2. Materiales y Métodos

### Tratamientos y germinación de semillas de café

Las pruebas de germinación y determinación de proteína se realizaron en La Universidad Surcolombiana, Sede Central Neiva (Huila), en los Laboratorios de Bromatología, Alimentos y Planta Piloto adscritos al Centro Surcolombiano de Investigación en Café CESURCAFÉ.

Se usaron 5 Kg de semillas comerciales variedad Cenicafé 1 con contenido de humedad del 12%. Las semillas se llevaron a proceso de imbibición, donde se sumergieron en agua por 24 horas, terminado este proceso se llevaron a siembra en su respectivo tratamiento.

Para determinar los contenidos de proteína durante los 40 días, se establecieron 4 tratamientos. Donde se seleccionaron 4 sustratos para cada tratamiento utilizando arena de río lavada, suelo del Ecotopo 317A : arena de río lavada; suelo perteneciente al Ecotopo 317A, suelo del Ecotopo 317A más micorrizas (20 g/l) y suelo más ANA (20 g/l) (ácido Alfa-Naftalenacético).

**Tabla 1.** Tratamientos que combinan sustratos y periodos de germinación.

TRATAMIENTO	SUSTRATO	DÍAS		
T2	Arena	0	20	40
T3	Suelo	0	20	40
T4	Suelo + Micorriza	0	20	40
T5	Suelo + ANA	0	20	40

*\* Micorriza; \*\* ANA - Regulador Fisiológico (ácido Alfa- Naftalenacético)*

Cada tratamiento contenía 230 granos de semillas de café. Se sembraron, manualmente, en recipientes de Polipropileno (PP) (19 cm x 20 cm x 80 cm); estos fueron ubicados en condiciones lumínicas y de humedad aptas para su germinación. Durante el proceso de germinado se midió humedad relativa y temperatura, además se realizó riego cada 3 días.

Para cada sustrato se hizo un proceso de limpieza, en donde se retiraron impurezas y agentes extraños, se tamizó con una malla calibre N.º 18 y se esterilizó el sustrato antes de depositar las semillas, lavándolo con agua a 100 °C, estabilizando la temperatura de 22 °C; luego se procedió a depositar las semillas imbibidas realizando, por cada tratamiento, tres repeticiones.

### **Elaboración de la harina para determinar contenidos de proteína**

Respecto al proceso de recolección, lavado y secado, luego de los días 20 y 40 de sembradas las semillas, se ejecutó una limpieza retirando el exceso de sustrato, se lavaron las muestras con agua destilada en el agitador magnético MICROSTIRRER por 5 min y con velocidad hasta 1100 rpm; una vez limpias fueron llevadas a secado en la Estufa universal U Secado, MEMMERT, a 35 °C y Humedad Relativa del 30 %, por aproximadamente un periodo de 8 días, se trabajó con un porcentaje promedio de humedad del 5%. Durante el proceso de germinado se realizó en un rango de humedad relativa promedio de 72% y temperatura promedio de 30 °C, de acuerdo a la metodología NTC 2325(ICONTEC, 2003).

Terminado el secado se removió el pergamino en trilladora modelo C55JXKKP-4983, para cada tratamiento. Posteriormente, la harina se obtuvo en un molino NUTRIBULLET motor 600 w (seis cuchillas), se tamizó en la malla N.º 40 (apertura 0,425 µm) y se almacenó en bolsas para empaque al vacío hasta realizar la extracción.

### **Extracción y lecturas de contenido de proteínas**

Para la extracción de proteína, se preparó la solución cero utilizando 0.4 g de proteína + 40 ml de agua destilada, 0.4 g de extracto de proteína + 40 ml NaOH 0.1 M, 0.4 g de + 40 ml de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH al 97 %, 0.4 g de extracto de proteína + 40 ml Solución Salina y 0.5 ml del reactivo cromógeno para cada tratamiento.

Finalmente, se preparó la albúmina, 0.1 g en 10 ml de agua destilada y se homogeneizó por 5 min. La solución salina se preparó con 50 ml de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH al 97 % de pureza + 100 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, se homogeneizó por 5 min; luego, se adiciona, lentamente, 850 ml de agua destilada.

Para la extracción, se empleó solución salina como solvente. Se preparó el solvente con la harina en una relación 1/10 p/v, empleando 1 g de harina en 10 ml del solvente. Posteriormente, se llevó a agitación por 5 min, terminado el proceso de homogeneizado, el tiempo de extracción fue de 30 min, enseguida se centrifugó en Centrífuga Analítica 6 Tubos Clay Adams Compact II, durante 5 min. Del cual se obtuvo un sobrenadante de 4,5 ml, que se empleó para la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro. Finalmente, de acuerdo al método de Bradsford (Baú et al., 2001) se preparó el reactivo Azul Brillante De Coomassie G 250.

### **Curva de calibración**

Se emplearon 7 diluciones para la calibración del 2, 4, 5, 11, 21, 51 y 201 veces, donde para cada dilución se tomaron 0.1 ml de albúmina de suero y se adicionaron a la albúmina 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 200 ml de solución salina, respectivamente; enseguida, se agitó durante 5 min. Para las lecturas se tomó 0,1 ml de albúmina de suero y añadieron 2,5 ml de azul de Coomassie, por cada dilución.

Finalmente, la lectura se realizó tomando 1 ml del extracto de harina de café, 0.1 ml de albúmina de suero y 2.5 ml del reactivo Coomassie para cada tratamiento. Posteriormente, se realizó la medición en el espectrofotómetro Pharmacia Biotech Ultrospec 2000 de onda completa para UV y visible en absorbancia con longitud de onda de 595 nm = 10<sup>-9</sup> m. Por cada tratamiento se tomaron 5 lecturas.

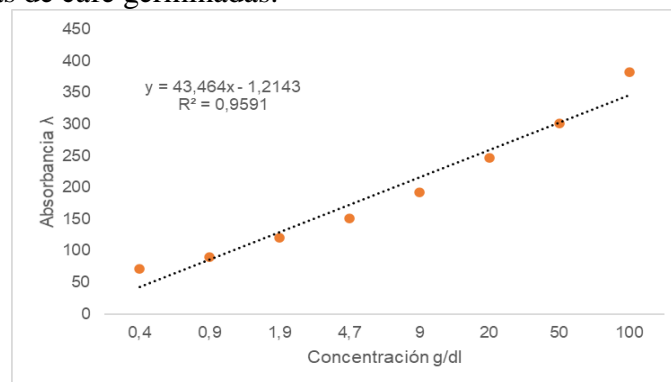
## Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software statgraphics; En este procedimiento ejecutó un análisis de varianza de un factor para contenido. Se construyeron varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de contenidos para los 9 diferentes niveles de tratamiento.

### 3. Resultados y discusión

En la figura 1 se presenta la curva de calibración que cuantifica los valores de contenido de proteína en la harina de café verde en los diferentes sustratos evaluados durante el periodo de germinación. Estos valores se obtuvieron a través del modelo:  $y = 43,464x - 1,2143$ .  $R^2 = 0,9591$ .

**Figura 1.** Curva de calibración de albúmina de suero bovino para determinar contenidos de proteínas en semillas de café germinadas.



En la tabla 2 se presentan los contenidos de proteína evaluados en los granos de café durante el proceso de germinación por un periodo de tiempo de 40 días. Se encontraron en el día 0 valores promedio de  $61,58 \pm 11,52$  g/dl. Se observó disminución en los contenidos de proteína para cada sustrato del día 20 al día 40, este comportamiento ocurre de acuerdo a lo reportado por (Baú et al., 2001). Los contenidos de proteína extraídas a partir de la harina de café verde indican que hay un alto contenido antes del inicio del proceso de germinación y decrece en la medida en que se va dando la formación de la plántula de café, de acuerdo a los diferentes procesos enzimáticos que tiene lugar en el endospermo posterior a la imbibición. Estos resultados obtenidos, son similares a los encontrados en las proteínas en café (Clifford 1985),

adicionalmente se presentan valores en donde el contenido medio de las semillas de café es del 8,5 y 12% Schieberle, (2009). Además, Luthe (1992) indicó que las subunidades  $\alpha$  y  $\beta$  de una proteína eran similares a las leguminosas y tienen similitud a las semillas C. arábica, asimismo contienen una misma globulina 11S con un peso molecular aparente Acuña et al. (1999), estas proteínas son similares en sus estructuras a las encontradas en el café permitiendo realizar esta comparación.

Además, se encontró que, durante el proceso de germinación los sustratos en los tratamientos T4 y T5, presentan aumento en los contenidos de proteína con valores promedio  $59,89 \pm 1,77$  g/dl y  $71,44 \pm 12,6$  g/dl y. Este comportamiento podría estar asociado a los reguladores fisiológicos como las micorrizas de composición orgánica, gracias a su asociación simbiótica mutualista que intervienen en el aumento de las proteínas, asimismo el ANA (ácido Alfa-Naftalenacético) de síntesis química quien actúa en la semilla del café permitiéndole su absorción y velocidad en el proceso de germinación y aumento de proteínas. Sin embargo, la observación más notable en el contenido total de proteínas mostró variaciones en los tratamientos evidenciándose un crecimiento exponencial considerable, debido a que no hay una homogeneidad en el proceso de germinación. (Shimizu & Mazzafera, 2000) (Baú, Mazzafera, & Santoro, 2001).

**Tabla 2.** Contenido de proteínas en semilla de café durante la germinación en diferentes sustratos.

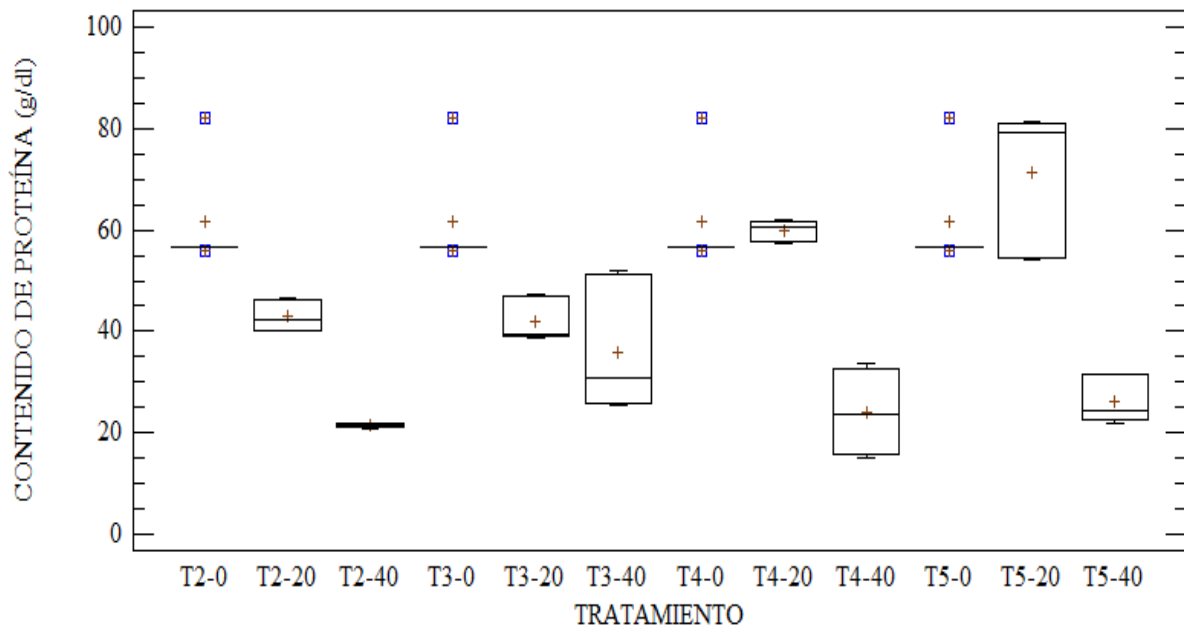
Tratamiento/ Tiempo de germinación (días)	Contenido de proteína (g/dl)		
	0	20	40
T2	$61,58 \pm 11,52$	$42,91 \pm 2,65$	$21,43 \pm 0,33$
T3	$61,58 \pm 11,52$	$41,79 \pm 3,89$	$35,92 \pm 11,58$
T4	$61,58 \pm 11,52$	$59,89 \pm 1,77$	$24,08 \pm 7,25$
T5	$61,58 \pm 11,52$	$71,44 \pm 12,6$	$26,14 \pm 4,04$

T2: arena; T3: suelo; T4 suelo + Micorriza; T5: Suelo +ANA (ácido Alfa- Naftalenacético)

En la figura 2 se presenta una caja de bigotes con el contenido de proteína durante el proceso de germinación, los datos presentados son medias  $\pm$  Desviación Estándar (DE), sobre la

actividad de las proteínas en los 4 tipos de tratamiento en días 0,20 y 40. Se determinaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las medias para cada variable. En el análisis de varianza se encontró que las medias difieren significativamente, a causa de la disminución del número de proteínas a los 40 días del experimento para los 4 tipos de sustrato usados en germinación. La ANOVA descompone la varianza de contenido en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 14,99 es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de contenido entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

**Figura 2** Concentración de proteínas en harina de café verde.



Además, se indica que transcurridos 20 días de germinación, el contenido de proteínas fue mayor en los tratamientos con adición de regulador fisiológico, por el contrario, en el sustrato Arena la disminución fue del 12% y en suelo la disminución fue del 26%. Entre tanto para el día 40 de germinación, la disminución del contenido de proteína en la semilla para los 4 sustratos utilizados fue mayor al 50%.



Igualmente, la figura 2 arroja unos resultados de mayor cantidad de proteína para el día 20 en el tratamiento S + ANA, se aprecia un valor mínimo de 55, máximo de 85 y una mediana de 70, en ese orden de ideas el IQR (Rango Intercuartil) sería del 30% más de proteína para dicho tratamiento que en los demás de tratamientos.

## **Conclusiones**

El efecto de los sustratos sobre el contenido de proteína presente en la harina de café verde, se pudo determinar a través de este estudio, cuyos resultados obtenidos demostraron que el café posee una proteína de reserva inicial que aumentó para el día 20 en los sustratos con adición de reguladores fisiológicos ANA y Micorrizas; donde la acción de estos estimulantes, permitió un aumento en la proteína, sugiriéndose que este tipo de reguladores fisiológicos, podría aumentar el porcentaje de germinación durante todas las etapas del proceso.

Teniendo en cuenta que los estudios sobre concentración de proteína no son tan frecuentes, en el futuro deben realizarse nuevas metodologías que permitan medir la concentración de esta y sus efectos sobre la calidad de la semilla en el proceso de germinación.

La metodología aportada para el desarrollo presentó consistencia frente a reportes generados con otro tipo de métodos y que por tanto podría ser de gran apoyo para otros estudios dada su base teórica.

## **Agradecimientos**

El autor agradece al Dr. Emilio Polo por la asesoría en el manejo de las muestras de café, a la MSc. Dayana Orozco por su apoyo en redacción, a la Lic. Yeimis Yoana Montealegre Figueroa con su notable apoyo logístico, asimismo al Dr. Nelson Gutiérrez por la gestión durante la maestría y por último al jefe de programa de Lic. Literatura y Lengua Castellana Ladys Jiménez Torres por permitirme el tiempo necesario para elaborar mi trabajo de grado.

## Referencias

- Baú, S. M. T., Mazzafera, P., & Santoro, L. G. (2001). °. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(1), 33–40. <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000100004>
- Baumann, T. W., & Gabriel, H. (1984). Metabolism and Excretion of Caffeine during Germination of *Coffea arabica* L. *Plant and Cell Physiology*, 25(8), 1431–1436. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076854>
- Callis, J. (1995). Regulation of Protein Degradation. *The Plant Cell*, 845–857. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.845>
- Clifford And K.C. Willson. (1985). Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. In *Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage* (pp. 314–374).
- da Silva, E. A. A. (2005). Exogenous gibberellins inhibit coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination and cause cell death in the embryo. *Journal of Experimental Botany*, 56(413), 1029–1038. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri096>
- Da Silva, E. A. Amaral, Toorop, P. E., Van Lammeren, A. A. M., & Hilhorst, H. W. M. (2008). ABA Inhibits Embryo Cell Expansion and Early Cell Division Events During Coffee (*Coffea arabica* ‘Rubi’) Seed Germination. *Annals of Botany*, 102(3), 425–433. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn112>
- Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Pecio, Ł., Różyło, R., Świeca, M., Krzykowski, A., & Rudy, S. (2015). Ground green coffee beans as a functional food supplement – Preliminary study. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 691–699. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.076>
- Eira, M. T. S., Amaral Da Silva, E. A., De Castro, R. D., Dussert, S., Walters, C., Bewley, J. D., & Hilhorst, H. W. M. (2006). Coffee seed physiology. In *Brazilian Journal of Plant Physiology* (Vol. 18, Issue 1, pp. 149–163). Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100011>
- Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(2), 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
- Flórez Ramos Claudia. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. In *Manual del cafetero Colombiano* (Vol. 1, pp. 125–127).
- Higdon, J. V., & Frei, B. (2006). Coffee and Health: A Review of Recent Human Research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 101–123.

<https://doi.org/10.1080/10408390500400009>

- ICONTEC. (2003). Café verde: Determinación de la pérdida de masa a 105°C. In *NTC*. <https://www.icontec.org/>
- Müntz, K. (1998). Deposition of storage proteins. *Plant Molecular Biology*, 38(1–2), 77–99. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9738961>
- Payne, P. I. (1986). *Endosperm Proteins* (pp. 207–231). [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6989-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6989-6_7)
- Selmar, D., Bytof, G., Knopp, S.-E., & Breitenstein, B. (2006). Germination of Coffee Seeds and its Significance for Coffee Quality. *Plant Biology*, 8(2), 260–264. <https://doi.org/10.1055/s-2006-923845>
- Shimizu, M. M., & Mazzafera, P. (2000). Compositional changes of proteins and amino acids in germinating coffee seeds. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43(3), 259–265. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132000000300003>
- WSchieberle, G. (2009). Food Chemistry. In *Química de Alimentos*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Luque Guillen, M. V. (2011). Estructura y Propiedades de las Proteínas. *Bioquímica Médica*, 5, 1–162.
- Mousavi, S. R., Rezaei, M., & Mousavi, A. (2011). A general overview on seed dormancy and methods of breaking it. *Advances in environmental biology*, 5(10), 3333-3337.
- Schieberle, H.-D. B. · W. G. · P. (2009). Food chemistry book (4th ed.). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Salomon, M. J., Demarmels, R., Watts-Williams, S. J., McLaughlin, M. J., Kafle, A., Ketelsen, C., Soupir, A., Bücking, H., Cavagnaro, T. R., & van der Heijden, M. G. A. (2022). Global evaluation of commercial arbuscular mycorrhizal inoculants under greenhouse and field conditions. *Applied Soil Ecology*, 169, 104225. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2021.104225>
- Bhardwaj, D., Ansari, M.W., Sahoo, R.K., Tuteja, N., 2014. Biofertilizers function as keyplayer in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb. Cell Factories* 13, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>.

- Bullard, G.K., Roughley, R.J., Pulsford, D.J., 2005. The legume inoculant industry and inoculant quality control in Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 45, 127–140. <https://doi.org/10.1071/EA03159>.
- Abbott, L.K., Macdonald, L.M., Wong, M.T.F., Webb, M.J., Jenkins, S.N., Farrell, M., 2018. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – a review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 256, 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>.
- Smith, F.A., Smith, S.E., 2013. How useful is the mutualism-parasitism continuum of arbuscular mycorrhizal functioning? *Plant Soil* 363, 7–18. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1583-y>.
- Rillig, M.C., Aguilar-Trigueros, C.A., Camenzind, T., Cavagnaro, T.R., Degruene, F., Hohmann, P., Lammel, D.R., Mansour, I., Roy, J., van der Heijden, M.G.A., Yang, G., 2019. Why farmers should manage the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytol.* 222 <https://doi.org/10.1111/nph.15602>.
- Vosátka, M., Albrechtová, J., Patten, R., 2008. The international market development for mycorrhizal technology. In: Varma, A. (Ed.), *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 419–438.