

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MULTIPLICACIÓN DE EMBRIONES GERMINADOS DEL CAFÉ ARÁBICA MAGNOLIOPHYTA EN FASE DE MULTIPLICACIÓN

*Karen Dahiana Carmona Ramírez¹, Valentina Zuluaga Zuluaga².
^{1,2} aprendiz de Tecnoacademia; Facilitadora de Tecnoacademia (Línea de matemáticas)*

Resumen

El cultivo de café sigue siendo de gran relevancia para la estabilidad no solo económica, sino también social en nuestro país logrando ser una puerta para el desarrollo del sector rural, por tal motivo es importante generar condiciones óptimas para que el cultivo se desarrolle adecuadamente, para esto se debe afrontar la implementación de la tecnología en la agricultura de la mejor manera, implementando estrategia en el aumento de producción del cultivo, en consecuencia de ello, la articulación de la biotecnología y la nanotecnología es un medio por el cual se puede manejar la materia, en este caso haciendo uso de los fertilizantes. De igual manera, la modelación matemática permite predecir el comportamiento del cultivo y así tomar decisiones que favorezcan la producción.

Esta investigación pretende analizar descriptivamente el desarrollo de embriones germinados del café Arábica Magnoliophyta con adición de citoquininas y su concentración, teniendo en cuenta dos medios de cultivo Murashige & Skoog y Murashige & Skoog modificado (adición de micronutriente zinc), con el fin de identificar que medio de cultivo y tratamiento es más efectivo en la multiplicación de embriones se llevarán a cabo diferentes fases metodológicas que permitirán tomar decisiones en pro de brindar condiciones óptimas en el crecimiento del cultivo, impactando la producción y sostenibilidad económica máxima.

Palabras Claves: Estadística descriptiva, multiplicación de embriones, café, impacto económico.

Introducción

El petróleo seguido del café son los productos más valiosos del mundo a nivel comercial [11]. El grano de este cultivo es sembrado en aproximadamente 11 mil hectáreas, donde se destacan los países: Brasil, Vietnam y Colombia como los principales productores. Por tal motivo, el café es un cultivo que ha contribuido al desarrollo económico de países del tercer mundo con economías emergentes, entre ellos Colombia, México, Vietnam y Etiopía. En Colombia, por ejemplo, existen alrededor de 560 mil fincas dedicadas al cultivo de café y de manera particular el departamento del Quindío cuenta con 207 veredas cafeteras [11].

Alrededor del café se conocen cuatro variedades, entre ellas Excelsa, Libérica, Canephora o Robusta y Arábica o Arábigo, que se subdividen de acuerdo con sus características. El café Excelsa tiene cualidades similares al Libérica aunque sus frutos son más pequeños y con granos de menor calidad. Por otra parte, el café Canephora o Robusta es resistente a altas temperaturas, siendo el escenario ideal para su cultivo las altiplanicies tropicales, los cuales permiten que la maduración del fruto sea más lenta y por consiguiente el producto tenga mejor calidad. Finalmente, el Arábica o Arábigo tiene una mejor calidad que el café Canephora o Robusta.

Siendo el café Arábico o Arábigo de mejor sabor, por tal motivo es uno de los más consumidos en el mundo [3].

A partir de lo anterior es necesario crear condiciones óptimas en nutrientes (micronutrientes), para que los embriones germinados del cultivo de café Arábica variedad *Geisha* se desarrollen adecuadamente, viéndose reflejado en la producción y por ende en la sostenibilidad económica; teniendo en cuenta que actualmente el cultivo de café se caracteriza por su alta competencia en el mercado, variedad en las técnicas de producción, entre otros, lo que ha afectado a nuestro país [4].

De manera particular, el departamento del Quindío a pesar de ser reconocido por la UNESCO, como Paisaje Cultural Cafetero, no ha sido ajeno al impacto en la variación de precios en el mercado mundial.

De esta manera, es importante hacer uso de los avances tecnológicos, articulándolos con análisis estadísticos descriptivos, los cuales son esquemas que permiten aproximarnos a la realidad, con el objetivo de predecir y tomar decisiones en pro de una mejor rentabilidad económica que va ligada a la reproducción de embriones germinados en la fase de multiplicación y el medio de cultivo utilizado. A partir de lo anterior, el objetivo de este trabajo es modelar matemáticamente, con el fin de conocer la dinámica del crecimiento de los embriones germinados del Coffe Arábica variedad *Geisha* con adición de citoquininas:

Metodología:

El diseño metodológico mencionado a continuación para el desarrollo de la presente propuesta de investigación es lo que se ha desarrollado hasta el momento, el cual consiste en tres fases: la primera consiste en la búsqueda de información relevante para conocer los factores que intervienen en el crecimiento del café, la cual se realizó durante el mes de febrero; la segunda fase consiste en realizar un análisis de los datos obtenidos alrededor del crecimiento de los embriones germinados en el laboratorio de biotecnología y nanotecnología (proyecto articulado

entre estas líneas y la línea de matemáticas), con el fin de describir estadísticamente el comportamiento de los embriones germinados teniendo en cuenta dos medios de cultivo *Murashige & Skoog* y *Murashige & Skoog* modificado (adición de micronutriente zinc), dentro de los cuales se encuentran diferentes tratamientos. Consecuentemente, se requiere esta información con el fin de poder concluir que tratamiento y por ende medio de cultivo tiene mayor cantidad de embriones germinados. A continuación, se relacionan cada una de las fases del proyecto y se indican los resultados obtenidos hasta el momento:

Resultados y discusión:

Tratamiento de datos obtenidos en el laboratorio de Nanotecnología y Biotecnología:

En el laboratorio de la biotecnología y nanotecnología realizaron un cultivo in vitro en el cual emplearon dos medios de cultivo *Murashige & Skoog* y *Murashige & Skoog* modificado (Tabla 1), a los cuales se le adicionaron citoquininas; con el fin de conocer que impacto tenía el nanofertilizante zinc en el crecimiento de los embriones de café.

Tabla 1: Medios de cultivo de Murashige y Skoog (Murashige, T. y Skoog, F., 1962) empleados para el establecimiento de discos de hoja de *Coffea arabica* variedad Geisha.

Componente	Murashige & Skoog		Murashige & Skoog modificado	
	Formula	mg/L	Formula	mg/L
Macro elementos	CaCl ₂ .2H ₂ O	220.00	CaCl ₂ .2H ₂ O	220.00
	KH ₂ PO ₄	85.00	KH ₂ PO ₄	85.00
	KNO ₃	950.00	KNO ₃	950.00
	MgSO ₄ .7H ₂ O	185.00	MgSO ₄ .7H ₂ O	185.00
	NH ₄ NO ₃	825.00	NH ₄ NO ₃	825.00
Micro elementos	H ₃ BO ₃	3.10	H ₃ BO ₃	3.10
	CoCl ₂ .6H ₂ O	0.013	CoCl ₂ .6H ₂ O	0.013
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.013	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.013
	KI	0.42	KI	0.42
	MnSO ₄ .4H ₂ O	11.15	MnSO ₄ .4H ₂ O	11.15
	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.12	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.12
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	4.30	ZnO_NPs	4.30
	FeNa EDTA	25.00	FeNa EDTA	25.00
Compuestos orgánicos	Inositol	100.00	Inositol	100.00
	Ácido nicótico	0.50	Ácido nicótico	0.50
	Piridoxina	0.50	Piridoxina	0.50
	Tiamina	0.40	Tiamina	0.40
	Sacarosa	30000.00	Sacarosa	30000.00

Teniendo en cuenta lo anterior, los datos obtenidos alrededor del efecto de la adición de citoquininas y su concentración sobre el número de embriones germinados en la fase de multiplicación en medio de cultivo *Murashige & Skoog* y *Murashige & Skoog* modificado obtenidos en el proyecto de investigación de la línea de Nanotecnología y Biotecnología (Tabla 1) (Blach, D. y Serna, S. 2020), se analizan y se ordenan estadísticamente, teniendo en cuenta el medio de cultivo al que pertenece y el tratamiento; es de resaltar que los tratamientos se diferencian por su concentración de citoquininas, por ejemplo el tratamiento cero para ambos medios de cultivo no presenta concentración de citoquinina, la diferencia es que el tratamiento cero en el medio de cultivo *Murashige & Skoog* modificado, presenta concentración del micronutriente zinc, por otra parte el tratamiento 1, 2 y 3 presenta concentración de kinetina a 0.5, 1.0 y 2.0 mg/L respectivamente y finalmente el tratamiento 4, 5 y 6 presenta concentración de ácido 2,4 D a diferentes concentraciones (0.5, 1.0 y 2.0 mg/L

respectivamente). Es importante tener en cuenta que la diferencia entre los tratamientos es que cada uno de ellos es evaluado para el medio de cultivo *Murashige & Skoog* y *Murashige & Skoog* modificado, en este último se agrega el micronutriente zinc como nanofertilizante.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a realizar una descripción estadística que posible concluir alrededor de este comportamiento, esto con la finalidad de identificar que medio de cultivo y a su vez tratamiento permite que haya mayor multiplicación de embriones germinados en el cultivo de café Arábica variedad *Geisha*, lo que permitirá una mayor producción de la planta y por ende un mayor impacto económico en la región y el país. A continuación, se relaciona la Tabla 2, donde se puede identificar el medio de cultivo utilizado, el tratamiento realizado con su respectiva concentración de citoquininas:

Tabla 2: Tratamiento de datos del efecto de la adición de citoquininas y su concentración.

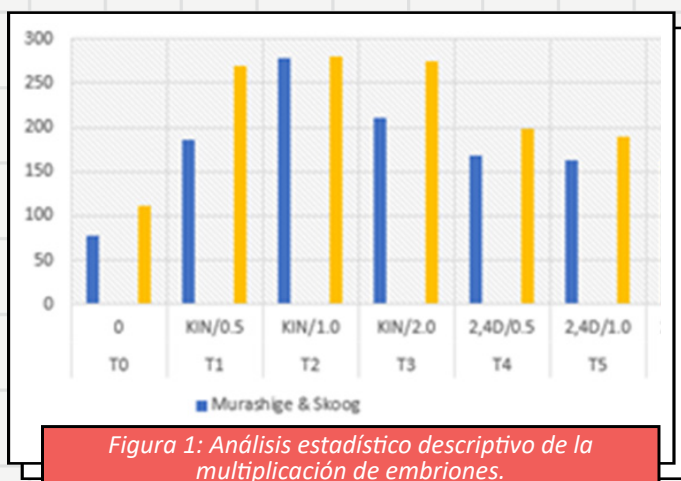
Tomado de: (Blach, D. y Serna, S. 2020).

Murashige & Skoog			Murashige & Skoog modificado		
Tratamiento	Concentración de citoquininas (mg/L)	Número de embriones germinados	Tratamiento	Concentración de citoquininas (mg/L)	Número de embriones germinados
T ₀	Sin adición	78	T ₀	Sin adición	112
T ₁	KIN/0.5	186	T ₁	KIN/0.5	269
T ₂	KIN/1.0	278	T ₂	KIN/1.0	280
T ₃	KIN/2.0	211	T ₃	KIN/2.0	275
T ₄	2,4D/0.5	168	T ₄	2,4D/0.5	198
T ₅	2,4D/1.0	163	T ₅	2,4D/1.0	189
T ₆	2,4D/2.0	162	T ₆	2,4D/2.0	187

Descripción estadística y conclusión a partir de los datos tratados:

Se analiza estadísticamente los datos obtenidos del efecto de la adición de citoquininas y su concentración sobre el número de embriones germinados en la fase de multiplicación en medio de cultivo Murashige & Skoog y Murashige & Skoog modificado, presentados en la Tabla 1, los cuales fueron identificados en la fase dos.

El análisis estadístico descriptivo permitió obtener una representación gráfica del número de embriones germinados en la fase de multiplicación diferenciado por medio de cultivo y consecuentemente por tratamiento:



En la Figura 1 se puede observar, el diagrama comparativo entre los medios de cultivo (eje x) y la cantidad de embriones germinados de cada medio de cultivo (eje y), donde el color azul representa el medio de cultivo Skoog y Murashige & Skoog y color amarillo representa el medio de cultivo Murashige & Skoog modificado, los cuales a su vez se encuentran diferenciados por tratamiento (el cual se identifica en la concentración de citoquinina).

Los resultados del análisis descriptivo evidencian que las nanopartículas de zinc en el medio de cultivo tienen un importante efecto sobre la germinación de embriones, confirmando así que el zinc como micronutriente es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. De esta manera, en el análisis comparativo (Figura 1) se evidencia que sin lugar a duda el tratamiento 2 con una concentración de KIN/1.0 mg/L, tanto en el medio de cultivo Murashige & Skoog como en Murashige & Skoog modificado, presenta mejores resultados en el número de embriones germinados en comparación con los demás tratamientos.

Conclusiones

Los tratamientos que se destaca durante el análisis del crecimiento de los embriones germinados en los laboratorios de biotecnología y nanotecnología son

los pertenecientes al medio de cultivo Murashige & Skoog modificado, el cual se caracteriza por tener concentración del micronutriente zinc como nanofertilizante.

A pesar de que la multiplicación de embriones germinados del tratamiento 2 en ambos medios de cultivo es muy aproximada, se sigue destacando el medio el cultivo Murashige & Skoog modificado, en el cual se agrega concentración de citoquininas.

Estas afirmaciones confirman que el análisis estadístico descriptivo es una herramienta que permite concluir y tomar decisiones en pro de la selección del medio de cultivo y tratamiento que mayores embriones genera en la fase de multiplicación, corroborando así que el micronutriente zinc es un factor fundamental para esta fase; lo cual será elemental para que la producción del café Arábica variedad *Geisha* sea rentable y se pueda generar un impacto económico a nivel local y regional.

Es de resaltar, que con esta información se pretende construir un modelo matemático que involucre ecuaciones y permita predecir qué acciones benefician a los caficultores en el proceso de siembra de café Arábica variedad *Geisha* del departamento del Quindío.

De igual manera, es importante mencionar que el trabajo articulado entre las líneas de la Tecnoacademia permite un estudio más amplio, teniendo en cuenta que se unen diferentes áreas en por de describir, conocer y concluir alrededor de una misma temática, logrando tener una visión más amplia de determinado fenómeno.

Finalmente, se debe resaltar que esta investigación trae consigo diferentes impactos, los cuales se mencionan a continuación:

- **Impacto ambiental:**

Permite predecir el uso razonable de este micronutriente, esto se logra identificando que tratamiento es más efectivo y por ende la cantidad de citoquininas que este necesita para poder multiplicarse. Por otra parte, es crucial este análisis debido a que la cantidad excesiva de

este producto puede ocasionar fuertes daños a nivel ambiental.

- **Impacto tecnológico:**

Permite predecir y tomar decisiones que favorezcan, reduzcan y optimicen los recursos, logrando simplificar impactos económicos, ambientales (uso racional del micronutriente) y sociales (generación de empleo).

- **Impacto social:**

Permite tomar decisiones que favorezcan en el desarrollo del cultivo de café y por ende en la producción, lo que abrirá las puertas a generación directa o indirecta de empleo, teniendo en cuenta que si reactivamos esta actividad económica más personas podrán acceder a un trabajo, lo que permitirá mejorar la calidad de vida de estas.

Agradecimientos

Agradezco a mi institución educativa Marcelino Champagnat por abrir sus puertas a la Tecnoacademia. Por otra parte, a la Tecnoacademia Quindío por permitirme participar en estos cursos de formación complementaria que me forman sólidamente en el ámbito académico y con proyección de ser una profesional con capacidades de escritura no solo en proyectos sino también en artículos científicos. Por otra parte, quiero dar las gracias a todos los facilitadores que han brindado sus conocimientos para que muchos aprendices conozcan y comprendan la importancia de la ciencia e ingeniería y sus aportes en la solución de las necesidades que se evidencian a nivel local y regional.

De igual manera, agradezco a mi familia por permitirme participar en este proceso de formación brindado desde la Tecnoacademia Quindío y apoyarme con cada una de las actividades que se proponen. Solamente me queda manifestar mi gratitud por su compromiso con mi aprendizaje no solo académico sino ético.

Referencias

- [1] Arcila, J. F. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. *Chinchiná: Editorial Blanecolor Ltda.*
- [2] Blach, D. y Serna, S. (2020). implementación de nanofertilizantes en procesos de micromicropropagación in vitro DE Coffea arábica VARIEDAD Geisha.
- [3] Echavarría, J. J. (2015). *Informe de la misión de estudios para la competitividad de la caficultura en Colombia. Resumen ejecutivo.* Bogotá: Universidad del Rosario.
- [4] Chavez, B. y-R. (2011). Modelos de cultivos y modelos fenológicos. *ResearchDate*, 153-177.
- [5] DaMatta, F. M. (2007). *Ecophysiology of coffe growth and production.* *journal of plant physiology*, 485-510.
- [6] Londoño-Gómez, M. (2020). Comunicación estratégica para el posicionamiento de la marca Musa Café en el Departamento del Quindío.
- [7] Obando, J. (2014). Construcción de modelos matemáticos en un contexto cafetero. Medellín: Universidad de Antioquia.
- [8] Ocampo, O. (2018). Modelación hidrológica y agronómica de los efectos del cambio y la variabilidad climática en la producción cafetera de Caldas. Manizales:
- [9] Universidad Nacional de Colombia. Sadeghian, S. (2013). Fertilización: Una práctica que determina la producción de los cafetales.
- [10] Salazar, L. a. (2015). Producción de café (Coffea arabica L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café- CENICAFE.
- [11] Perez-Toro, J. A. (2013). Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- [12] Ramírez, V. M. (2013). *Un modelo de simulación de una planta procesadora de café.* Memorias del XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas México 2013, 1-10.
- [13] Rodríguez-Caicedo, D. (2012). *Implementación de un modelo de simulación del agroecosistema productivo del café para el manejo integrado de la broca (Hypothenemus hampei).* Bogotá:
- [14] Universidad Nacional de Colombia. Rosales-Dorantes, G. T. (2013). *Evaluación de los impactos potenciales de la variabilidad y cambios climáticos en la producción de café (Coffea arabica) en Coatepec, Veracruz.* México: Universidad Nacional Autónoma de México.