

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS/DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICION VEGETAL

---

**Tema:** “Evaluación del comportamiento del cilantro (*Coriandrum sativum*) bajo diferentes niveles de nitrógeno en el cantón Colta, provincia de Chimborazo”

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en  
Agronomía Mención Nutrición Vegetal

**Autor:** Ingeniero Edison Geovanny Cuvi Ramírez

**Directora:** BQF. Isabel Cristina López Villacís. Mg.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Oscar Patricio Núñez Torres Ph.D., e integrado por los señores: Ingeniero Segundo Euclides Curay Quispe Ph.D., e Ingeniero, Walter Oswaldo Veloz Naranjo MSc., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el trabajo de titulación con el tema: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CILANTRO (*coriandrum sativum*) BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO EN EL CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”. aprobado por la Unidad Académica de Titulación, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Edison Geovanny Cuvi Ramírez, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agronomía Mención Nutrición Vegetal y una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ingeniero Oscar Patricio Núñez Torres Ph.D  
**Presidente y Miembro del Tribunal**

-----  
Ingeniero, Ph.D. Segundo Euclides Curay Quispe  
**Miembro del Tribunal**

-----  
Ingeniero, MSc. Walter Oswaldo Veloz Naranjo  
**Miembro del Tribunal**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en Trabajo de Investigación, presentado con el tema: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CILANTRO (*coriandrum sativum*) BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO EN EL CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Edison Geovanny Cuvi Ramírez, Autor bajo la Dirección de la BQF. Isabel Cristina López Villacís. Mg, Directora del Trabajo de Investigación., y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. Edison Geovanny Cuvi Ramírez

C.C.:0603896598

**AUTOR**

-----  
BQF. Isabel Cristina López Villacís. Mg.

C.C.:1803443447

**DIRECTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Ing. Edison Geovanny Cuvi Ramírez

C.C.:0603896598

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE GENERAL .....  | v    |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | viii |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO I .....  | 1    |
| EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....  | 1    |
| 1.1.    Introducción .....  | 1    |
| 1.2.    Justificación .....   | 2    |
| 1.3.    Objetivos de la investigación .....                                     | 4    |
| 1.3.1.    Objetivo general .....  | 4    |
| 1.3.2.    Objetivos específicos .....   | 4    |
| CAPÍTULO II .....   | 5    |
| ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....   | 5    |
| 2.1.    El cultivo del cilantro .....   | 5    |
| 2.1.1.    Principales aspectos bioecológicos del cultivo .....                  | 5    |
| 2.1.2.    Producción del cultivo .....  | 7    |
| 2.2.    La fertilización en el cultivo del cilantro .....                       | 9    |
| 2.2.1.    Necesidad de enmienda .....   | 9    |
| 2.2.2.    La nutrición de las plantas .....                                     | 10   |
| 2.2.3.    Las estrategias de fertilización .....                                | 11   |
| 2.3.    Rendimiento de plantas de cilantro por efecto de la fertilización ..... | 14   |
| 2.4.    Fuentes de fertilizantes nitrogenados .....                             | 18   |
| 2.4.1.    Urea .....  | 18   |
| 2.4.2.    Nitrato de amonio .....   | 20   |
| 2.4.3.    Ferthigue .....   | 21   |
| 2.4.4.    Nitrato de potasio .....  | 21   |
| 2.4.5.    Calcio .....  | 22   |
| 2.4.6.    Magnesio .....  | 22   |
| CAPÍTULO III .....  | 24   |
| MARCO METODOLÓGICO .....  | 24   |
| 3.1.    Descripción del sitio de la investigación .....                         | 24   |
| 3.2.    Equipos y materiales .....  | 24   |
| 3.3.    Tipo de investigación .....   | 24   |
| 3.4.    Prueba de hipótesis .....   | 25   |

|  |    |
|--|----|
| 3.5. Recolección de la información .....   | 25 |
| 3.7. Variables respuesta .....   | 28 |
| CAPÍTULO IV .....  | 29 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 29 |
| 4.1. Efecto de tres fuentes y dosis de fertilización nitrogenada sobre la<br>productividad de plantas de cilantro .....            | 29 |
| 4.1.1. Altura de planta .....  | 29 |
| 4.1.2. Peso fresco de planta .....   | 31 |
| 4.1.3. Longitud de raíz.....   | 33 |
| 4.1.4. Número de pecíolo.....  | 35 |
| 4.2. Evaluar el tiempo a la cosecha de plantas de cilantro tratadas con tres fuentes y<br>dosis de fertilización nitrogenada ..... | 39 |
| 4.3. Análisis económico de cada tratamiento.....   | 40 |
| CAPÍTULO V .....   | 44 |
| CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXO .....  | 44 |
| 5.1. Conclusiones.....   | 44 |
| 5.2. Recomendaciones .....   | 44 |
| 5.3. Bibliografía.....   | 46 |
| 5.4. ANEXOS .....  | 56 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Disponibilidad de nutrientes en el suelo.....   | 25 |
| <b>Tabla 2.</b> Nutrimientos totales requeridos por plantas de cilantro (kg/ha).....  | 25 |
| <b>Tabla 3.</b> Fuentes de nitrógeno usadas en el estudio.....  | 26 |
| <b>Tabla 4.</b> Variación de la altura de planta de cilantro morado por efecto de la variación de la fuente y dosis del fertilizante .....          | 29 |
| <b>Tabla 5.</b> Variación del número de plúmulas por planta en cilantro tratadas con diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados ..... | 38 |
| <b>Tabla 6.</b> Tiempo a la cosecha de plantas de cilantro tratadas con diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados.....               | 39 |
| <b>Tabla 7.</b> Costos de la aplicación de los diferentes tratamientos .....  | 41 |
| <b>Tabla 8.</b> Costos de inversión por tratamiento .....   | 41 |
| <b>Tabla 9.</b> Ingresos totales por tratamiento.....   | 42 |
| <b>Tabla 10.</b> Cálculo de la relación Beneficio-costos de cada tratamiento con tasa de interés al 12% .....                                       | 43 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Morfología de la planta de cilantro, <i>Coriander sativum</i> .....   | 6  |
| <b>Figura 2.</b> Producción mundial de cilantro para el año 2020.....  | 8  |
| <b>Figura 3.</b> Variación del peso fresco en planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de urea.....                         | 32 |
| <b>Figura 4.</b> Variación del peso fresco en planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de nitrato de amonio. ....           | 32 |
| <b>Figura 5.</b> Variación del peso fresco en planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de Ferthigue. ....                   | 33 |
| <b>Figura 6.</b> Efecto de la fuente de fertilización nitrogenada sobre la longitud de la raíz en plantas de cilantro.....                         | 34 |
| <b>Figura 7.</b> Variación de la longitud de la raíz en plantas de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de urea. ....             | 34 |
| <b>Figura 8.</b> Variación de la longitud de la raíz en plantas de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de nitrato de amonio..... | 35 |
| <b>Figura 9.</b> Variación de la longitud de la raíz en plantas de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de Ferthigue. ....        | 35 |
| <b>Figura 10.</b> Efecto de la fuente de fertilización nitrogenada sobre el número de pecíolos en plantas de cilantro.....                         | 36 |
| <b>Figura 11.</b> Variación del número de pecíolos por planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de urea. ....               | 37 |
| <b>Figura 12.</b> Variación del número de pecíolos por planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de nitrato de amonio.....   | 37 |
| <b>Figura 13.</b> Variación del número de pecíolos por planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de Ferthigue. ....          | 38 |
| <b>Figura 14.</b> Aspecto general de las parcelas experimentales antes (A) y después (B) de la siembra. ....                                       | 57 |
| <b>Figura 15.</b> Proceso de preparación de suelo y siembra al voleo.....  | 58 |
| <b>Figura 16.</b> Proceso de aplicación del fertilizante.....  | 59 |
| <b>Figura 17.</b> Toma de la altura de planta. ....  | 60 |
| <b>Figura 18.</b> Medición de la longitud de raíces. ....  | 61 |



## **AGRADECIMIENTO**

*Un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por haberme inculcado los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.*

*Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, por su tiempo, apoyo, confianza y ser el guía fundamental para ser una buena persona y profesional.*

*No ha sido sencillo el proceso, pero gracias a sus conocimientos compartidos he logrado importantes objetivos.*

## DEDICATORIA

*A Dios por darme la vida, fortaleza y ser mi guía constante.*

*A mi esposa, por brindarme su apoyo incondicional, has sido sumamente importante, estuviste en los momentos y situaciones más tempestuosas, siempre ayudándome, gracias por ser esa ayuda idónea estoy agradecido con Dios por haberte puesto en mi camino.*

*A mi querido hijo por ser mi fuente de motivación e inspiración para que pueda superarme cada día.*

*A mis padres por el amor, consejos y apoyo incondicional brindado, a mis familiares que de una u otra manera estuvieron apoyándome.*

*A todos mis amigos y compañeros con quienes compartí alegrías y angustias.*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS/DIRECCION DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGRONOMIA MENCION NUTRICION VEGETAL**

**TEMA:**

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CILANTRO (*coriandrum sativum*)  
BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO EN EL CANTÓN COLTA,  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO

**AUTOR:** Ing. Edisson Geovanny Cuvi Ramírez

**DIRECTOR:** BQF. Isabel Cristina López Villacís. Mg.

**FECHA:** treinta de noviembre 2022

**RESUMEN EJECUTIVO**

El cilantro es un cultivo de importancia económica por sus usos en culinaria y farmacéutica, sin embargo, su productividad puede ser afectada tanto por las variaciones meteorológicas como por las deficiencias en los planes de fertilización. En la presente investigación se evaluó el efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en el Cantón Colta, provincia de Chimborazo, para lo cual se usaron tres fuentes de fertilizantes nitrogenados (urea, nitrato de amonio y Ferthigue) a tres dosis (alto, medio y bajo) sobre los parámetros altura de planta, número de pecíolos, longitud de raíz, peso fresco de la planta, tiempo a la cosecha y rendimiento en plantas de culantro morado. El experimento fue conducido bajo un diseño de parcelas divididas. Se encontró efecto de interacción entre el tipo de fuente y la dosis del fertilizante aplicado sobre las variables de crecimiento de la planta de cilantro medida a los 57, 70 y 90 días después de la siembra. De manera similar, se detectó interacción entre la fuente y dosis de fertilización sobre el peso fresco de la planta de cilantro, mientras que solo se verificó el efecto individual de la fuente de fertilización sobre la longitud de la raíz y número de pecíolo. Finalmente, no se encontró efecto ni de la fuente ni de la dosis sobre el número

de plúmulas por plantas y el tiempo a la cosecha. Con base en el análisis económico, la mayor relación beneficio costo fue alcanzada con la urea y nitrato de amonio en las mayores dosis, sin embargo, en vista de que el fertilizante orgánico también mostró resultados promisorios, se sugiere su inclusión de para disminuir el efecto negativo de los fertilizantes inorgánicos.

**Descriptores:** cilantro, fertilización, fuente de nitrógeno, manejo del cultivo, rendimiento.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS/DIRECCION DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGRONOMIA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL**

**THEME:**

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CILANTRO (*coriandrum sativum*)  
BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO EN EL CANTÓN COLTA,  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO

**AUTHOR:** Ing. Edison Geovanny Cuvi Ramírez

**DIRECTED BY:** BQF. Isabel Cristina López Villacís. Mg.

**DATE:** 30<sup>th</sup> de november 2022

**EXECUTIVE SUMMARY**

Coriander is a crop of economic importance for its culinary and pharmaceutical uses; however, its productivity can be affected by both weather variations and deficiencies in fertilization plans. In the present investigation, the effect of the nitrogen fertilization dose on the yield and quality of the coriander (*Coriandrum sativum* L.) crop was evaluated in Canton Colta, province of Chimborazo, using three sources of nitrogenous fertilizers (urea, ammonium nitrate and Ferthigue) were used at three doses levels (high, medium and low) on the parameters plant height, number of petioles, root length, fresh weight of the plant, time to harvest and yield in purple coriander plants. The experiment was conducted under a split plot design. As results, an interaction effect was found between the source and the dose of the fertilizer applied on the growth of coriander plant measured at 57, 70 and 90 days after sowing. In a similar way, an interaction effect between the source and fertilization dose on the fresh weight in coriander plants was detected, while only the individual effect of the fertilization source in root length and petiole number was observed. Finally, no effect of either the source or the dose was found on the number of plumules per plant or on the time to harvest. Based on the economic analysis, the highest cost-benefit ratio was achieved with urea and ammonium nitrate in the highest doses, however, given that the organic fertilizer also showed

promising results, its inclusion is suggested in order to reduce the negative effect of inorganic fertilizers.

**Keywords:** coriander, fertilization, nitrogen source, crop management, yield



# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Introducción

El cilantro (*Coriander sativum* L.) es una planta herbácea usada desde la antigüedad como especia culinaria y también como planta medicinal debido a sus excepcionales componentes fitoquímicos que la hacen única (Kassahun, 2020). En varios países asiáticos y suramericanos se cultiva el cilantro por sus hojas verdes, también es apreciado por el típico aroma fresco y agradable de sus frutos ("semillas"), que se utilizan tradicionalmente como especia y como fuente de materia prima para componentes de aceites industriales como el ácido petroselínico (Carrubba, 2009). Los aceites volátiles y oleorresinas, como nuevos productos obtenidos a partir de las semillas de cilantro tienen gran demanda en el mercado internacional (H. Singh et al., 2018).

A pesar de su importancia, la productividad del cilantro ha sido afectada tanto por las variaciones meteorológicas, caracterizadas por cambios en el régimen de lluvias y de temperaturas, como por las deficiencias en los planes de fertilización (Harisha et al., 2019). Con relación a la fertilización, estudios previos han demostrado la importancia de hacer una buena selección y combinación de fertilizantes minerales, considerando el tipo de suelo y las condiciones climáticas, para alcanzar mejores rendimientos en el cultivo de cilantro (Kasatkina et al., 2021).

De acuerdo con (Izgi, 2020), las plantas de cilantro son muy susceptibles tanto a los factores ambientales como a las prácticas culturales y sobre estas últimas, las plantas muestran una respuesta positiva a las aplicaciones de nitrógeno, observable no solo en los incrementos en el crecimiento y rendimiento, sino también en la mejora de la calidad de la semilla debido a que juega un papel importante en la síntesis de componentes vegetales con el efecto de diferentes enzimas. En especies aromáticas, el aporte de la dosis adecuada de nitrógeno ha mostrado tener un efecto directo sobre la calidad, la composición de los compuestos volátiles y sus componentes primarios de rendimiento (Angeli et al., 2016).



Aunque existen varios estudios a nivel mundial sobre el efecto de la dosis de aplicación de los fertilizantes minerales, los resultados son bastantes contradictorios, puesto que algunos reportan que dosis entre 60-80 kg/ha provocaron buenos rendimientos (Izgi, 2020), mientras que otros estudios señalan que los mejores rendimientos fueron alcanzados con dosis de 100 kg/ha o incluso superiores (Angeli et al., 2016; R. Kumar et al., 2015a). Adicionalmente, estudios recientes han demostrado que la fertilización con nitrógeno puede ser potenciada cuando es usada con boro. Así, (Kozera et al., 2019) obtuvieron altos rendimiento en cilantro con aplicaciones de nitrógeno en dosis de 30-50 kg/ha junto con aplicaciones de boro lo cual promovió el incremento del rendimiento y calidad del cilantro cuando fue usado en suelos de textura ligera.

Con relación al efecto del fósforo y potasio, Kumar et al. (2015) demostraron que el mayor rendimiento de cilantro era alcanzado con altas dosis de nitrógeno junto con dosis medias de fósforo, mientras que el potasio no contribuyó en la mejora de los parámetros de rendimiento. Contrariamente, (Freitas et al., 2020) señalaron que el potasio se incluye entre los elementos esenciales para el cultivo debido a su participación en actividades enzimáticas, mantenimiento de la turgencia celular y su papel en la fotosíntesis, transporte de carbohidratos, síntesis de proteínas y apertura estomática, lo que al final del proceso, podría mejorar la calidad del producto cosechado.

En vista de la variabilidad de los resultados mostrados en la literatura mundial, aunado al hecho de que en el Ecuador no existen estudios que muestren resultados sobre el efecto de la dosis de fertilización del cilantro bajo las condiciones de clima y suelo predominantes en la zona, en la presente investigación se pretende abordar este aspecto, para lo cual se plantean los siguientes objetivos:

## **1.2. Justificación**

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una de las especies de la familia *Apiaceae* más utilizadas por sus propiedades nutricionales y medicinales (Laribi et al., 2015). Desde la antigüedad, el cilantro ha sido aprovechado en la medicina popular y como condimento de alimentos (Wei et al., 2019a). Esta especie anual está ampliamente distribuida y es principalmente cultivada por sus semillas en diferentes regiones del mundo, siendo una de las plantas más importantes en la industria farmacéutica de países desarrollados

(Yeganehpoor et al., 2021). En la industria cosmética, el aceite esencial del cilantro es utilizado principalmente por su perfume y actividad antioxidante (Wei et al., 2019b).

Dada la importancia del cultivo, actualmente los agricultores de este rubro gradualmente están dándole mayor importancia a los programas de fertilización con miras a aumentar los rendimientos, sin embargo, sus intentos han sido hechos de forma empírica, lo que ha provocado que no se obtengan los resultados esperados. Es por ello que, se pretende obtener información sobre el uso eficiente de los fertilizantes, en términos de las dosis y elementos nutritivos adecuados, de manera que permitan incrementar el rendimiento y satisfacer la demanda de alimentos sanos a los diferentes estratos de la población, a partir de una producción más amigable con el medio ambiente.

En tal sentido, el estudio sobre la dosificación del fertilizante químico usado en el cultivo de cilantro reviste gran importancia debido a que, por un lado, pretende mejorar el rendimiento y calidad del cultivo entre los productores del Cantón Colta de la provincia de Chimborazo, lo que provocaría mejoras en el ingreso y consecuentemente en la calidad de vida de los agricultores y, por el otro, permitiría hacer un uso más racional de los fertilizantes químicos, de manera de disminuir los efectos negativos de estos productos sobre las condiciones físicas y químicas del suelo y sobre la contaminación ambiental.

Por tal razón, el presente trabajo de investigación se realizó en la Comunidad de Gatazo Zambrano con el fin de determinar el mejor rendimiento del cultivo de cilantro, bajo la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes, lo que servirá como fuente de información para que los agricultores del sector mejoren la producción e ingresos usando los fertilizantes adecuados, quienes serían los beneficiarios directos de los resultados obtenidos. Por otra parte, los consumidores también podrían resultar beneficiados debido a que, el uso de las dosis adecuadas promovería la obtención de un producto de mayor calidad que contribuya con el mejoramiento de la salud. Por último, se obtiene un beneficio ecológico puesto que se disminuyen los posibles problemas de contaminación del suelo y aguas subterráneas.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la dosis de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en el Cantón Colta, provincia de Chimborazo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de la fuente y dosis de nitrógeno en el comportamiento del cilantro
2. Realizar un análisis económico de cada uno de los tratamientos en estudio.

## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

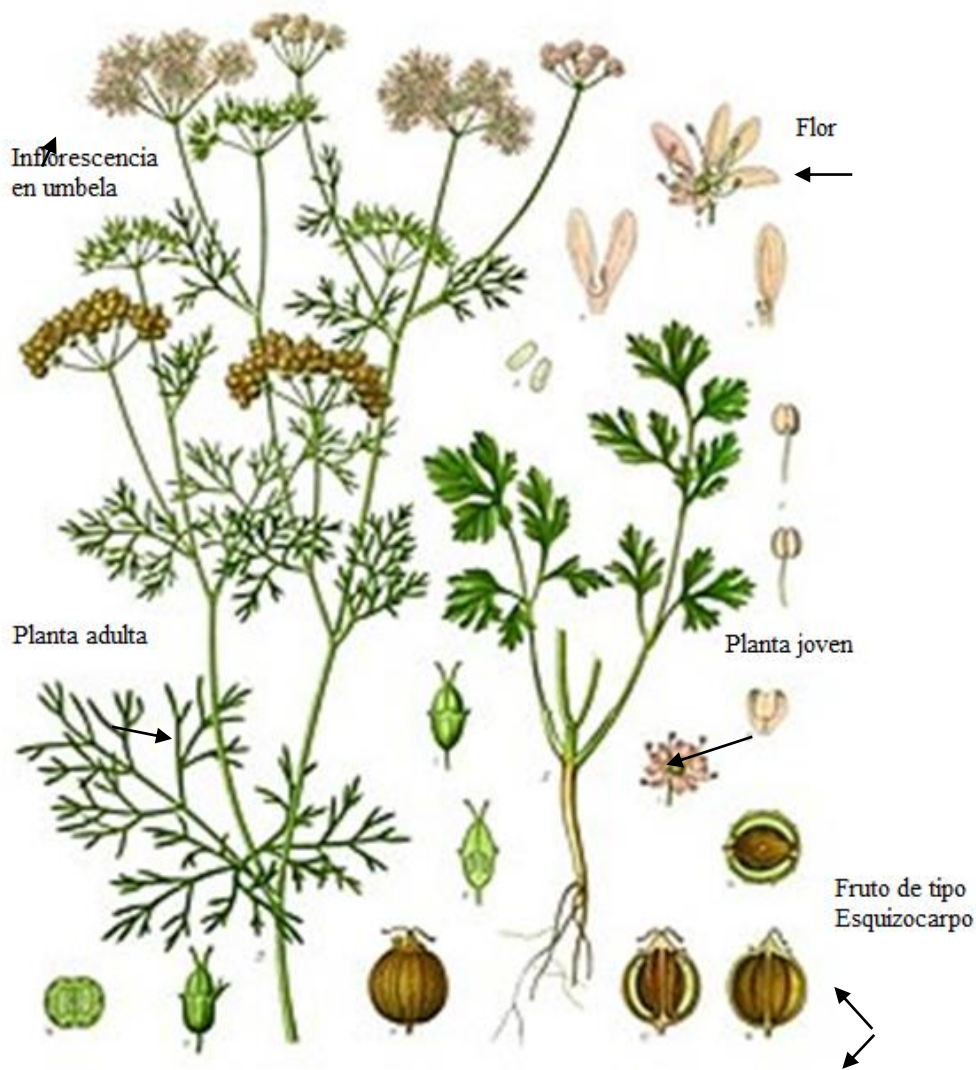
#### 2.1. El cultivo del cilantro

##### 2.1.1. Principales aspectos bioecológicos del cultivo

El cilantro, *Coriandrum sativum* L., es una especie vegetal herbácea nativa del Mediterráneo (Angeli et al., 2016), presente en regiones que van desde el sur de Europa y norte de África hasta el suroeste de Asia (R. Kumar et al., 2014). Actualmente, esta especie se cultiva en casi todo el mundo y se produce comercialmente en India, Marruecos, Rusia, países de Europa del Este, Francia, América Central, México y Estados Unidos de América (H. Singh et al., 2018).

El género *Coriandrum* es uno de los más importantes de la familia Apiaceae y está representado por dos especies, *C. sativum* y *C. tordylium* (Fenzl) Bornm (Sobhani et al., 2022a). De acuerdo con el Centro de Biociencia Agrícola Internacional (CABI (Centro de Biociencia Agrícola Internacional), 2015), para *C. sativum* se han señalado varias subespecies, variedades y formas, siendo común la separación en dos grupos principales de acuerdo con el tamaño de la fruta, var. vulgare (frutos grandes) y var. microcarpum (frutos pequeños), los cuales también pueden diferenciarse en función a la duración del período de vegetación, altura de la planta, variaciones en las hojas, ramificación y productividad vegetativa.

En cuanto a la morfología de la especie *C. sativum*, se trata de plantas herbáceas y glabras, con hojas de diversas formas, ampliamente obovadas en la base de la planta, delgadas y plumosas en los tallos florales (Sobhani et al., 2022b). El tallo es erecto, delgado, simpodial, monocasial y con varias ramas laterales en el nódulo basal (Sahib et al., 2013). Las flores, generalmente blancas, se concentran en umbelas (Sobhani et al., 2022b). El fruto del cilantro es un esquizocarpo globular seco de 3-5 mm de diámetro (R. Kumar et al., 2014) (Figura 1). Las semillas pueden alcanzar la madurez fisiológica 6-7 semanas después de la antesis y el tiempo aproximado desde la siembra hasta la cosecha es de 90-140 días, dependiendo principalmente del genotipo (Centro de Biociencia Agrícola Internacional, 2015).



**Figura 1.** Morfología de la planta de cilantro, *Coriander sativum*.

*Fuente:* <https://en.wikipedia.org/wiki/Coriander>

Sobre los requerimientos del cultivo de cilantro, (Kale et al., 2017) señalan que durante la etapa de crecimiento la planta requiere un clima fresco, mientras que para la madurez se requiere un clima cálido y seco. La temperatura óptima para la germinación del cilantro está entre 17-20 °C para genotipos con frutos pequeños y 22-27 °C para genotipos con frutos grandes (CABI (Centro de Biociencia Agrícola Internacional), 2015). El clima frío y elevada altitud pueden favorecer la calidad de la semilla y su contenido de aceites esenciales (Kale et al., 2017b).

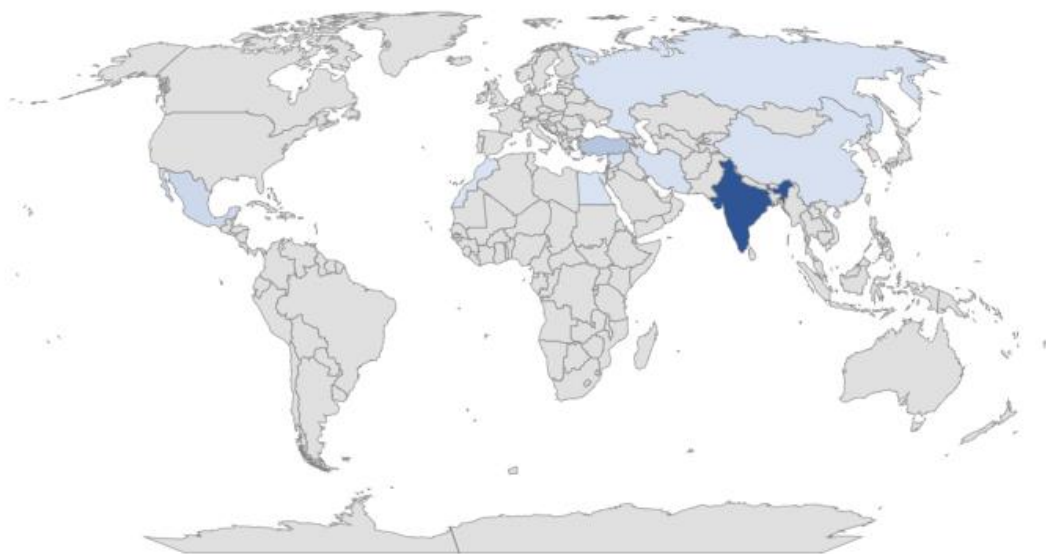
Según Sharma et al. (2014), el cilantro puede ser cultivado en la mayoría de tipos de suelos, adaptándose bien en suelos de textura fina y con buen drenaje, siendo los suelos fértiles con suficiente materia orgánica y libres de inundación los más adecuados para el crecimiento del cultivo. El momento óptimo para la siembra también es un elemento importante para la obtención de altos rendimientos del cultivo de cilantro. Según (Rashed & Darwesh, 2015), la siembra temprana favorece la floración temprana, pero puede ser vulnerable al daño por frío extremo y heladas, mientras que la siembra tardía puede afectar negativamente el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo.

El cultivo de cilantro puede ser susceptible al estrés hídrico. Se ha estimado un umbral de estrés hídrico en 80% del requerimiento de agua para este cultivo (Ghamarnia & Daichin, 2013). Se ha reportado la disminución del rendimiento de las semillas y el contenido de aceite esencial con el aumento del estrés hídrico (Ghamarnia & Daichin, 2013). El suministro continuo de agua puede garantizar óptimos rendimientos para el cultivo de cilantro. Según (Harisha et al., 2019) es fundamental conocer la influencia que puede generar la reducción del riego, así como su relación con la disponibilidad de nutrientes para el cultivo, de modo que el manejo adecuado de los recursos agua y nutrientes resulta necesario para la obtención de mejores valores en los parámetros de rendimiento del cultivo.

De acuerdo con Katar et al. (2016), el aumento de las precipitaciones puede influir en el rendimiento de semillas y en el contenido de aceite esencial. Se ha reportado que las precipitaciones en el primer año pueden aumentar la altura de la planta y consecuentemente producir el mayor número de ramas; sin embargo, parámetros como el peso de 1000 semillas y rendimiento de semillas, pueden verse limitados, dado que estos parámetros pueden disminuir con la altura de la planta (Katar et al., 2016).

### 2.1.2. *Producción del cultivo*

El cilantro se cultiva en Rusia, Hungría, Polonia, Bulgaria, Inglaterra, Países Bajos, Marruecos y Egipto, pero los principales países productores son Ucrania, Rusia, Marruecos, Argentina, México, Rumania e India (Yaldiz & Çamlica, 2017). De acuerdo con las cifras de la plataforma World Integrated Trade Solution (WITS, 2022), en el 2019 los principales países exportadores de semillas de cilantro fueron India (1.430.000 Kg), Turquía (315.000 Kg), México (132.680 Kg) y Siria (70.990 Kg) (Figura 2).



**Figura 2.** Producción mundial de cilantro para el año 2020

Según cifras de la base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2022), la producción mundial en bruto en el año 2020 del rubro anís, badiana, cilantro, comino, alcaravea, hinojo y bayas de enebro fue de 2.224.101 toneladas, siendo la India el principal productor (1.431.000 t). Para el continente americano, la principal producción de ese mismo año en el mencionado rubro se estimó en 153.956 t, siendo México el principal productor con 132.675 t.

Para el caso de Suramérica, la producción del rubro anís, badiana, cilantro, comino, alcaravea, hinojo y bayas de enebro se estimó en 7.041 toneladas, siendo Argentina el principal productor (6.912 t). Para Ecuador, la producción de este rubro fue de 11 toneladas, en un área cosechada de 29 hectáreas, para un rendimiento estimado en 3793 hg/ha (FAOSTAT (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2022). Según el III Censo Nacional Agropecuario 2002, la mayor producción de cilantro en Ecuador ocurre en las provincias de Bolívar, Carchi Chimborazo, Imbabura y Tungurahua, pertenecientes al Sector Sierra, con una superficie sembrada de 347 hectáreas que producen cerca de 1494 ton/m (Tituaña et al., 2019).

## **2.2. La fertilización en el cultivo del cilantro**

### *2.2.1. Necesidad de enmienda*

En vista de la escasez de tierras para la agricultura, la demanda de alimentos solo podría ser cubierta mediante el incremento del rendimiento de los cultivos por unidad de superficie, sin embargo, la inminente degradación de los suelos tanto por erosión como por deposición de sedimentos que provocan efectos físicos como formación de costras, compactación, erosión, desertificación, biológicos que incluyen la pérdida de carbono y biodiversidad microbiana y por último efectos químicos, tales como acidificación, lixiviación, salinización, disminución de la fertilidad (Havlin & Heiniger, 2020). Adicional a la degradación del suelo, el mejoramiento genético de los cultivos para aumentar los rendimientos ha hecho que pocos suelos puedan suministrar las cantidades de nutrientes necesarias para obtener mayores rendimientos, por lo que se hace necesario recurrir a la aplicación de fuentes fertilizantes tanto minerales como orgánicas (Roy et al., 2006).

De acuerdo con Carrubba (2009), la fertilización se refiere a la mejora de las condiciones de fertilidad del suelo mediante la aplicación de algún tipo de sustancias que sean capaces de mejorar la calidad nutricional del suelo. Sin embargo, los pequeños agricultores tienen dificultad para suministrar cantidades adecuadas de nutrientes, lo cual aunado al abandono paulatino de la práctica de barbecho para restaurar la fertilidad del suelo, les conduce al uso de fertilizantes minerales (Takele et al., 2015).

Ante el aumento de la demanda de fertilizantes a nivel mundial es necesario que el suministro de nutrientes a los cultivos sea optimizado de manera de disminuir los costos de producción y también minimizar el riesgo ambiental, para lo cual se requiere entender las reacciones y procesos de los nutrientes en el suelo que conlleven a reducir el agotamiento de éstos debido al transporte fuera del sitio (Roberts & Johnston, 2015). En tal sentido, se requiere incrementar la disponibilidad de nutrientes considerando la eficiencia de su uso, con base tanto en la cantidad suministrada, el cultivo y las prácticas de manejo, como en las tecnologías de manejo en relación con las dosis, tiempo y forma de aplicación (Havlin & Heiniger, 2020).



### 2.2.2. *La nutrición de las plantas*

Las plantas requieren de un suministro constante de nutrientes, y entre ellos, los macronutrientes N, P, K han sido considerados esenciales para su óptimo crecimiento y desarrollo. El nitrógeno es un constituyente indispensable de las proteínas y ácido nucleico y es parte integral de las moléculas de clorofila responsables de la fotosíntesis (Sanwal et al., 2017a), por ello las plantas requieren grandes cantidades de este elemento (Kamrozzaman et al., 2016). La fertilización nitrogenada aumenta el contenido de aceites esenciales de la planta, así como también los contenidos de carbohidratos totales y azúcares solubles (Izgi, 2020). En este sentido, la disponibilidad del N para el cultivo es un aspecto importante para garantizar el óptimo crecimiento vegetativo y la mayor productividad (Barker & Pilbeam, 2015); (Sanwal et al., 2017).

El nitrógeno interactúa con otros elementos necesarios para la planta. Se conoce que, en un amplio rango de especies de plantas, una proporción casi constante en la concentración de fósforo, potasio, calcio y magnesio en los tejidos de la planta puede estar dada por la interacción con el nitrógeno (Barker & Pilbeam, 2015). El N también puede fomentar la absorción y utilización de otros nutrientes, como potasio y fósforo en la planta (Leghari, Ahmed, et al., 2016).

El fósforo también es un elemento importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Este elemento está asociado con actividades metabólicas vitales para la planta y su deficiencia se manifiesta en la reducción de los rendimientos del cultivo (Sanwal et al., 2017b). El fósforo puede presentarse en el suelo bajo una multitud de formas químicas y la cantidad disponible de este elemento para la planta dependerá de las características de la raíz, propiedades fisicoquímicas del suelo y de las condiciones ambientales que pueden afectar tanto a la planta como a los factores del suelo (Roberts & Johnston, 2015).

El potasio es un elemento clave para el crecimiento y desarrollo, participando en varios procesos vitales para las plantas (Kumar et al., 2020). Este nutriente es requerido por la planta desde la fase temprana de crecimiento hasta el crecimiento vegetativo, constituyendo parte fundamental de las células, lo que favorece a la planta ante los efectos adversos que pueden ocasionar las temperaturas extremas, salinidad, estrés hídrico y toxicidad de metales (Johnson et al., 2022).

La concentración de nutrientes en la planta puede ser influenciada por diversos factores, destacando entre ellos, los aspectos propios de la especie vegetal y el ambiente. Sin embargo, la influencia de las prácticas agronómicas puede ser relevante, dado que pueden producir cambios en las concentraciones de los elementos esenciales para las plantas, con la intención de asegurarse la disponibilidad de los elementos escasos (Barker & Pilbeam, 2015).

### 2.2.3. *Las estrategias de fertilización*

La fertilización constituye uno de los factores más importantes para la productividad de los cultivos. Particularmente para el cultivo de cilantro, la fertilización es determinante para la intensificación del rendimiento (Singh et al., 2018). El nitrógeno es considerado como elemento de especial interés para el cultivo de especies aromáticas, dado que puede tener efecto en la calidad, composición de los compuestos volátiles y en el rendimiento (Angeli et al., 2016). Considerando que la cantidad de N disponible en el suelo para la planta es variable, el monitoreo del suelo, así como la determinación de la cantidad de este nutriente que pueda ser removida por la planta pueden contribuir al establecimiento del óptimo plan de fertilización nitrogenada, dado que el monitoreo asegura que el N sea aplicado solo cuando la planta pueda responder al suministro del nutriente (Barker & Pilbeam, 2015).

Realizar el análisis de suelo antes de la siembra permitirá determinar la cantidad y tipo de fertilizantes a aplicar. En la investigación de (Özyazici, 2021) sobre la fertilización en el cultivo de cilantro, con el análisis de suelo se obtuvo la información necesaria para el plan de fertilización. Así, la aplicación de  $P_2O_5$  a razón de 60 kg/ha se hizo con superfosfato triple (42%  $P_2O_5$ ), mezclándolo con el suelo al momento de la siembra. El fertilizante nitrogenado utilizado fue urea (46%), la cual se aplicó en dos partes (80 kg/ha en cada una), la primera durante la siembra y la segunda durante el período de elongación del tallo. No hubo necesidad de aplicar potasio, dado que en el suelo analizado este nutriente se encontraba en cantidades suficientes.

El tipo de fuente de fertilizante utilizado también puede afectar el rendimiento del cultivo del cilantro. Al respecto, (Carrubba & Ascolillo, 2009) señalan que los fertilizantes nitrogenados pueden favorecer el mayor impulso en la producción de la planta cuando se aplican en las formas que estén disponibles más rápidamente, que

puedan ser aprovechados por la planta poco tiempo después de su aplicación. En este sentido, la disponibilidad de los tratamientos orgánicos puede ser limitada, dado que son más dependientes de las condiciones climáticas (Carrubba & Ascolillo, 2009).

Para la efectividad de la fertilización orgánica nitrogenada se requiere la liberación de N a través de la mineralización y la velocidad de este proceso dependerá de factores como humedad, temperatura y naturaleza de la fuente orgánica en descomposición (Carrubba, 2014a). La mineralización del suelo depende de la actividad microbiana, la cual puede ser afectada por la temperatura y el potencial mátrico del suelo, de modo que, los fertilizantes orgánicos que requieren transformaciones microbianas complejas en el suelo antes de su absorción por las plantas pueden tener menos probabilidades de tener efectos rápidos (Carrubba, 2014b). Para el caso de los fertilizantes inorgánicos, estos pueden estar disponibles para las plantas tan pronto como sean disueltos en el suelo, aumentando los residuos en la raíz y pudiendo restablecer la fertilidad del suelo rápidamente (Kumar et al., 2019).

Con la fertilización inorgánica no es necesaria la descomposición directa, pues los nutrientes presentes en los fertilizantes minerales son relativamente altos y su liberación ocurre en poco tiempo, lo que favorece el rápido aumento de la tasa de crecimiento y la productividad de la planta, de allí que los fertilizantes químicos puedan mejorar significativamente los rendimientos de los cultivos (Sharma & Chetani, 2017a). En la investigación de (Acimovic, 2013) se compara el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en tres especies de la familia Apiaceae y entre ellas *C. sativum*. Entre los resultados se señala que con el uso de fertilizante químico (NPK, 15-15-15) en el cultivo de cilantro se obtuvo el mayor rendimiento (1.580 kg/ha) comparado con el máximo valor obtenido con la fertilización orgánica (1530 kg/ha) y el tratamiento control (1447 kg/ha).

En el suelo, el nitrógeno puede estar disponible para las plantas bajo las formas  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . Se ha generalizado que, en los suelos con baja fertilidad, la principal forma disponible para las plantas está constituida por aminoácidos, mientras que para suelos con alta fertilidad, el  $\text{NO}_3^-$  es el predominante y para suelos con fertilidad intermedia se destaca el  $\text{NH}_4^+$  (Barker & Pilbeam, 2015).

Los principales fertilizantes nitrogenados producidos globalmente son anhídridos de amonio, urea y nitrato de amonio (Barker & Pilbeam, 2015). En la horticultura, la forma de suplencia de N es principalmente con  $\text{NO}_3^-$ , en un ambiente con pH ligeramente ácido, que favorezca su consumo y minimice la competencia entre el consumo de  $\text{NH}_4^+$  y otros cationes como K y Ca (Barker & Pilbeam, 2015). Una adecuada nutrición nitrogenada promoverá la mayor actividad fotosintética y el crecimiento vegetativo vigoroso (Sharma et al., 2016).

El aumento de N disponible en el suelo para la planta de cilantro, junto a la absorción y translocación eficiente favorecerá la división celular y elongación que resultará en la mayor altura de la planta, así como en el mayor número de ramas (Sharma et al., 2016). Además, los incrementos de los niveles de nitrógeno mejoran el contenido de clorofila de las hojas y el aceite esencial de las semillas, lo que puede atribuirse al mejor desempeño nutricional en la zona de raíces y en el sistema de la planta (Sharma et al., 2016). Se ha demostrado la influencia del nitrógeno como elemento que incrementa los rendimientos del cultivo de cilantro (Abdollahi et al., 2016a; Patil et al., 2020; Sharma & Chetani, 2017b) y mejora la calidad de sus frutos (Moosavi et al., 2013; Rashed & Darwesh, 2015b; Sharma et al., 2016b).

Sobre los métodos de aplicación de fertilizantes, en la producción hortícola el aporte de nutrientes se puede realizar a las raíces, lo que representa la principal fuente de suministro de N a las plantas; en cuanto a la fertilización foliar, esta puede realizarse con un suministro completo de nitrógeno, siendo un método muy eficaz para aumentar el rendimiento y salud de las plantas (Nurzyńska-Wierdak, 2013). Entre las ventajas del uso de fertilizantes foliares destacan la rápida y eficiente respuesta de la planta, menor necesidad del producto y la independencia de las condiciones del suelo (Abdelkader et al., 2018).

En cuanto a la forma de aplicación, la fertilización al voleo, se ha señalado que ésta no siempre asegura una adecuada nutrición en las plantas puesto que, dependiendo de las propiedades del suelo, no siempre el fertilizante asegura el contacto con las raíces de la planta, por lo que una forma de incrementar la disponibilidad de nutrientes es haciendo una aplicación localizada, lo cual podría hacer uso de menores dosis, debido a que el fertilizante es colocado en una capa más profunda y con mayor humedad, lo que mejora la absorción (Szulc et al., 2020).

Además del método de aplicación del fertilizante, la adecuada dosificación del mismo constituye un aspecto determinante para el manejo eficiente del cultivo. Con relación al incremento de la productividad en función al uso eficiente de la dosis de aplicación es necesario equilibrar las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, puesto que la aplicación inadecuada de estos elementos conlleva una acumulación de nitratos en el agua y el suelo (Lozano Fernández et al., 2018). Además, es necesario considerar los análisis de suelos y valores de referencia para cada cultivo como base para los ajustes regionales de dosis de fertilizantes (Torres-Bazurto et al., 2019).

### **2.3. Rendimiento de plantas de cilantro por efecto de la fertilización**

La necesidad de incrementar la productividad de los cultivos por unidad de área para satisfacer la demanda de alimentos ha provocado la sustracción de los nutrientes del suelo, lo cual pone en relieve la importancia de reponer la fertilidad del suelo a través de prácticas eficientes de manejo de nutrientes, la cual se logra con base en mejoras en las estimaciones de los nutrientes disponibles para las plantas y en la respuesta de los cultivos a los nutrientes aplicados (Havlin & Heiniger, 2020).

A nivel mundial se han realizado varios estudios para evaluar el efecto de la fertilización sobre el rendimiento del cilantro. En Rusia se estudió la respuesta del cilantro "Amber" a una combinación de dosis y tipos de fertilizantes minerales, solo nitrógeno (N), solo fósforo (P) y solo potasio (K) y mezclas de NP, NK, PK, NPK observándose que el máximo rendimiento fue alcanzado con la mezcla de NP y NPK. Adicionalmente se observó que la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumentó el contenido de  $\text{NO}_3$ , el contenido de las formas móviles de fósforo en el suelo aumentó significativamente con respecto al control y la eficacia del potasio en muchos casos fue moderada (Kasatkina et al., 2021).

En Egipto, Abdelkader et al. (2018) evaluaron el efecto de diferentes niveles de fertilización NPK (0, 50, 75 y 100% de la dosis recomendada) suplementada con fertilización con carbonato de calcio y magnesio (0, 2, 4 y 6 g/L) aplicado 30, 50 y 70 días después de la siembra sobre el crecimiento, rendimiento y algunos constituyentes químicos de la planta de cilantro. Los resultados demostraron que los mayores valores en cuanto a altura de planta, número de hojas/planta, longitud de raíz, peso seco total, rendimiento de fruto/planta y el porcentaje de carbohidratos totales fueron alcanzados

cuando se fertilizó con el 75 y 100% de la dosis recomendada de NPK suplementada con carbonato de calcio y magnesio, mientras que el mayor número ramas/planta, número de inflorescencias, porcentaje y rendimiento de aceite y porcentajes de N, P, K y contenido total de clorofila fueron registrados con la fertilización con la dosis recomendada y suplementada con carbonato de calcio y magnesio.

En Bangladesh, Yousuf et al. (2014) probaron diferentes niveles de NPK y S en el rendimiento del cultivo de cilantro; las cantidades de los fertilizantes se ajustaron en kg/ha, N (0, 40, 70 y 100), P (0, 25, 50 y 70), K (0, 30, 60 y 90) y S (0, 10, 20 y 30). Los autores determinaron que la formulación NPKS (70, 50, 30 y 20 Kg/ha) fue la mejor dosis de fertilización, con efecto positivo en el rendimiento del cilantro, generando el mayor rendimiento de semilla (2,06-2,09 t/ha). Además, con esa formulación también se produjo el máximo número de ramas primarias por planta (8,65), parámetro que contribuyó con el mayor rendimiento de semillas. El número máximo de umbelas también se obtuvo con esta formulación (39,37 y 41, 94), lo cual fue atribuido, según los autores, a la disponibilidad de mayor cantidad de elementos nutritivos que favorecen el mayor desarrollo y producción de ramas con el consecuente mayor número de umbelas por planta. La formulación NPKS (70, 50, 30 y 20) también resultó la más adecuada para producir el número máximo de cápsulas por umbela (238,2) y el peso máximo de 1000 semillas (6,03-6,34 g).

Erdoğan & Esenal (2018) evaluaron la influencia de diferentes dosis de nitrógeno (0, 30, 60, 90 y 120 kg/ha) en el rendimiento de semillas y atributos agronómicos del cultivo de cilantro (cultivares Arslan y Gürbüz). Estos autores indicaron que la altura de la planta aumentó con el incremento de las dosis de N, obteniéndose la mayor altura de la planta (109,4 cm) con la dosis de 120 kg/ha. Con respecto al número de umbelas por planta, número de semillas por umbela, rendimiento de semillas por planta y peso de 1000 semillas, los autores no encontraron diferencias significativas en respuesta a las dosis de N.

Singh & Kaur (2022), considerando la importancia de la fertilización y el corte para la mejor producción y rendimientos del cultivo de cilantro, probaron ocho tratamientos en este cultivo, con dos niveles de corte (45-60 días) y tres niveles de nitrógeno (15, 30 y 45 kg/ha) y encontraron que con 30 kg de nitrógeno por hectárea y corte a los 45 días se

obtuvieron los mejores resultados en altura de planta, número de ramas/planta, número de semillas/umbela, peso de semillas/planta y mayor rendimiento de semillas.

Özyazici (2021) evaluó la influencia de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las características agronómicas del cilantro en clima semiárido, encontrando que el tipo de fuente de fertilizante utilizada, así como la variedad de cilantro influyeron significativamente en la altura de planta, obteniéndose los mayores valores en altura de planta (69,67 cm), número de ramas (7,71) y rendimiento biológico (5,87 t/ha) en las plantas tratadas con fertilizantes químicos. De manera similar, el rendimiento de semilla y la proporción de aceite esencial mejoró con la aplicación de fertilizante químico, registrándose con este tratamiento los máximos valores para estos parámetros (1,81 t/ha y 0,36%, respectivamente). Entre sus conclusiones, el autor indicó que los fertilizantes químicos lograron los mejores resultados en rendimiento del cultivo; sin embargo, los fertilizantes orgánicos y órgano-minerales son importantes para la fertilidad del suelo y se descomponen lentamente, lo que hace que su efecto aparezca a largo plazo en comparación con los fertilizantes químicos.

Fuentes orgánicas e inorgánicas pueden combinarse en estrategias de fertilización con resultados satisfactorios. Se ha probado el uso de compostaje de lombriz combinado con N y P en el cultivo de cilantro en condiciones áridas, reportándose los mejores resultados con la combinación de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de compostaje, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N y 20 kg ha<sup>-1</sup> de P, con la cual se obtuvieron los mayores valores en parámetros como rendimiento biológico, contenido de aceite y absorción total de N, P y K por el cultivo (Sanwal et al., 2017b). Esta combinación de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de compostaje, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N y 20 kg ha<sup>-1</sup> de P también ha sido probada para la salud del suelo, mostrando efecto positivo en el aumento de los rendimientos netos del cultivo y en la mejoría del estado nutricional del suelo (Sanwal et al., 2022).

Dadiga & Jain (2017) también consideraron la combinación de nutrientes utilizando diferentes niveles y fuentes de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Los fertilizantes químicos eran aplicados manualmente durante la siembra y entre ellos se encontraban urea, superfosfato simple y muriato de potasio para el aporte de los nutrientes N, P y K, respectivamente. El fertilizante orgánico de mejor resultado fue el estiércol de aves. Los autores señalaron que aplicación combinada de fertilizantes resulta en la rápida división celular y en la multiplicación y elongación de la región meristemática de la planta. Entre

los resultados se señaló que hubo diferencias significativas para la altura de la planta debidas al efecto de los niveles de fertilizantes y la altura máxima se obtuvo con el estiércol de aves de corral (5 t/ha) y el 100 % de la formulación básica, con valores de 12,93; 69,89 y 92,28 cm a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, respectivamente.

Los macronutrientes fósforo y potasio también son indispensables para el óptimo rendimiento del cultivo de cilantro. Al respecto, Sarkar et al. (2020) probaron tres concentraciones de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (3, 2 y 1%) en los parámetros de rendimiento del cultivo de cilantro, encontrando que el número máximo de ramas primarias (7,0) y secundarias (12,3) por planta, así como la máxima germinación (91%) se obtuvieron con el cebado de semillas con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  al 1%, durante 20 horas. Además, la mayor longitud de raíz y longitud de brote por planta se obtuvieron con el cebado de semillas con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  al 2%, durante 20 horas. Con este último tratamiento también se obtuvo el mayor número de umbelas por planta (23,3) y umbelas por umbela (38,4), mientras que el máximo peso de 1000 semillas (13 g) fue obtenido con el cebado de semillas con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  al 3%, durante 12 horas.

Las condiciones climáticas pueden ser determinantes para el rendimiento y componentes del rendimiento en el cultivo de cilantro. Al respecto, Szempliński & Nowak (2015) evaluaron parámetros del rendimiento del cultivo de cilantro influenciados por el régimen de precipitación y la fertilización en dosis de 20, 40, 60, 80 y 100 kg/ha de N. Entre sus resultados, los autores destacaron que no hubo diferencias entre los tratamientos con respecto al número de plantas por superficie de parcela, peso de frutos por planta, peso de 1000 frutos y rendimiento de frutos. Sin embargo, el rendimiento del fruto fue significativamente mayor en la temporada de mayor precipitación que en la temporada de precipitaciones bajas. Los autores destacaron la influencia de las condiciones climáticas durante la investigación, las cuales fueron determinantes en las características morfológicas y en los componentes del rendimiento. La composición química de los frutos estuvo más influenciada por las condiciones climáticas que por la fertilización nitrogenada, registrándose el mayor contenido de aceite esencial en frutos (1,50%) durante el clima más seco, mientras que este contenido fue menor (1,07%) cuando las condiciones climáticas eran más húmedas.

Pooja & Yadav (2017) evaluaron la influencia de nitrógeno y fósforo en los atributos del rendimiento de semillas de cilantro y en la relación costo-beneficio. Los autores



utilizaron cuatro dosis de nitrógeno (40, 50, 60 y 70 kg/ha) y tres de fósforo (30, 40 y 50 kg/ha) y señalaron que hubo efecto significativo de la aplicación de los dos nutrientes en el número máximo de umbelas por planta (17,93) y de umbelas por umbelas (6,69), los cuales se obtuvieron con el tratamiento de 60 kg /ha de N y 59 kg/ha de P). De manera similar, también se registró efecto de esta dosis de nutrientes en la cantidad de semillas por umbela (18,34), rendimiento de semilla por planta (4,01 g) y rendimiento de semilla por parcela (341 g). Los autores también encontraron que los mayores valores en rendimiento neto, rendimiento bruto y relación beneficio-costo se obtuvieron con el tratamiento de 60N y 50P kg/ha.

Nabi et al. (2018) realizaron un análisis económico en el cultivo de cilantro, variedad Shalimar Dhania 1, bajo diferentes condiciones agroclimáticas, evaluando 10 tratamientos que combinaban diferentes dosis de N utilizando urea y vermicompost como fuentes nitrogenadas. Los mayores valores en los parámetros de rendimiento número de ramas laterales por planta (8,50), área foliar (19,50 cm<sup>2</sup>) y rendimiento foliar (17 g/ha) se obtuvieron con el tratamiento que consistía de 50% de N (100 kg/ha urea) + 50% de N (100 kg/ha vermicompost). Con respecto a la relación beneficio/costo de los tratamientos, el mayor valor de este parámetro (2,66) se obtuvo con 50% de N (70 kg/ha urea) + 50% de N (70 kg/ha vermicompost). Los autores señalaron que el costo del cultivo se asoció directamente con los costos de los fertilizantes, encontrándose ingresos brutos asociados con el rendimiento de la hoja producido por varios de los tratamientos.

## **2.4. Fuentes de fertilizantes nitrogenados**

### *2.4.1. Urea*

La urea es un fertilizante de uso fundamental en la agricultura debido a su alto contenido de nitrógeno (N: 46%), puesto que este elemento es crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas y es necesario para un rendimiento adecuado (Echevarría-Hernández et al., 2020). El nitrógeno debe ser aplicado en todos los cultivos debido a que es un elemento inestable; que puede perderse por lixiviación y evaporación antes de que la planta lo absorba, lo que reduce el potencial de rendimiento y la calidad del cultivo (Guha et al., 2020). También tiene efectos contaminantes derivados de los gases de efecto invernadero y la liberación de NO<sub>2</sub>, el principal

contaminante antropogénico de los fertilizantes nitrogenados (Echevarría-Hernández et al., 2020).

La urea se usa de muchas maneras para aportar nitrógeno para el crecimiento de las plantas, aunque por lo general es más comúnmente mezclada con el suelo o aplicado a la superficie del suelo, mientras que en aspersiones foliares puede ser absorbida rápidamente por las hojas de las plantas y debido a su alta solubilidad, puede disolverse en agua y aplicarse al suelo en forma líquida, agregarse con agua de riego o rociarse sobre el follaje de las plantas (International Plant Nutrition Institute, 2022b).

Después de que la urea entra en contacto con el suelo o la planta, una enzima natural (ureasa) comienza a convertir rápidamente la urea nuevamente en  $\text{NH}_3$  en un proceso llamado hidrólisis, durante este proceso, el N en la urea es susceptible de sufrir pérdida en forma de gases indeseables como  $\text{NH}_3$ . La hidrólisis de la urea es un proceso rápido, que normalmente ocurre varios días después de la aplicación. Las plantas pueden utilizar pequeñas cantidades de urea directamente como fuente de N, pero más comúnmente utilizan el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que se producen después de que la urea es transformada por la ureasa y los microorganismos del suelo (International Plant Nutrition Institute, 2022b).

La urea es un material fertilizante único porque no contiene N en forma de nitrato ni amoniacal, sin embargo, cuando se coloca en el suelo, se convierte en N amoniacal generalmente en 2 a 10 días, dependiendo de la temperatura del suelo (PEI Analytical Laboratories, 2014). Es extremadamente importante tener en cuenta que cuando los microorganismos del suelo convierten la urea en amonio N, puede haber un aumento a corto plazo en el pH en el área inmediatamente alrededor del gránulo de fertilizante y si el fertilizante es colocado en banda, el cambio de pH puede ser significativo, con un efecto es más pronunciado a bajos niveles de humedad del suelo, altas temperaturas y en suelos arenosos ligeros (PEI Analytical Laboratories, 2014).

También es importante comprender que a niveles de pH superiores a 7,5, el N-amonio, producido por la descomposición de la urea, puede convertirse parcialmente en gas amoníaco, el cual se disolverá en el agua del suelo disponible y no presentará ningún problema. Sin embargo, si las condiciones son secas, el gas amoníaco libre puede persistir en el espacio poroso del suelo y esto puede dañar las raíces de las plantas

cuando el fertilizante se ha colocado cerca del sistema de raíces, el amoníaco también puede escapar a la atmósfera y perderse si el fertilizante está en la superficie del suelo o muy cerca de ella (International Plant Nutrition Institute, 2022b).

#### 2.4.2. *Nitrato de amonio*

EL nitrato de amonio es un fertilizante granulado que aporta nitrógeno en forma nítrica y amoniacal en una proporción de 50:50, siendo la forma nítrica de disponibilidad inmediata, mientras que la disponibilidad de la forma amoniacal es más retardada, ya que puede fijarse en los coloides del suelo, lo que permite que el nitrógeno sea suministrado por un tiempo mayor (Fermagri, 2022).

La forma de nitrato se mueve fácilmente con el agua del suelo hacia las raíces donde está inmediatamente disponible para la absorción de la planta, mientras que la fracción de amonio es absorbida por las raíces o convertida gradualmente en nitrato por los microorganismos del suelo. Muchos productores de hortalizas prefieren una fuente de nitrato inmediatamente disponible para la nutrición de las plantas y utilizan nitrato de amonio (International Plant Nutrition Institute, 2022a). El nitrato de amonio se mezcla comúnmente con otros fertilizantes, pero estas mezclas no se pueden almacenar por períodos prolongados debido a la tendencia a absorber la humedad del aire.

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es fácilmente absorbido por las plantas y a diferencia de la urea o el amonio, está disponible de forma inmediata, es muy móvil en el suelo y llega rápidamente a las raíces de las plantas, además la aplicación de nitrógeno como nitrato amónico o nitrato amónico cálcico proporciona un suministro de nutrientes directamente disponible (Fertilizers Europe, 2023).

Es importante tener en cuenta que esencialmente todo el nitrógeno en el suelo ya sea que se aplique como urea, amonio o nitrato, termina como nitrato antes de que las plantas lo absorban, pero si se aplica directamente como nitrato, se evitan pérdidas por la transformación de urea en amonio y de amonio en nitrato. La absorción de nitrato cargado negativamente está asociada con la absorción de nutrientes cargados positivamente como magnesio, calcio y potasio (Fertilizers Europe, 2023).

Esta fuente de nitrógeno es menos susceptible a las pérdidas por volatilización que los fertilizantes hechos a base de urea y es recomendado para aplicar mediante

fertirrigación o aspersiones foliares debida a la alta solubilidad de nitrato de amonio, pero, por otro lado, se recomienda aplicar el nitrato de amonio en forma fraccionada debido a la alta movilidad del nitrógeno nítrico (Fermagri, 2022). La alta solubilidad del nitrato de amonio lo hace muy adecuado para hacer soluciones para fertirrigación o pulverizaciones foliares (International Plant Nutrition Institute, 2022a).

#### 2.4.3. *Ferthigue*

Es un fertilizante natural, formulado en forma sólida, obtenido a partir de residuos vegetales y minerales y que aporta materias nutritivas al suelo que favorecen el crecimiento de las plantas, principalmente nitrógeno (N) en forma orgánica, no volátil y de acción lenta, por lo que se asegura su provisión durante todo el ciclo de producción (Edifarm, 2023). Su eficiencia ha sido mostrada en estudios previos. Guerra (2010) observó buenos resultados en la germinación, diámetro y número de tallos y rendimiento de plantas de papa variedad Única, lo que permite sugerir su efecto beneficioso como fertilizante. Similares resultados para la altura de la planta a los 60 días después del trasplante fueron obtenidos por (Cabrera, 2010), donde encontró que el control alcanzó una altura promedio de 35 cm y a los 75 días después del trasplante de 35,75 cm, siendo superados en un 14% por los tratamientos en los que se utilizó abonos orgánicos Ferthigue, Ecoabonaza, y Bokashi con promedios de 43.21 cm, 42.10 cm, 39.54 cm, en el cultivo de la col morada. Esto indica que la aportación de nutrientes al suelo ayuda a mejorar las condiciones del cultivo, dando como resultado plantas vigorosas con mejores características agronómicas y de mayor altura (Reyes Pérez et al., 2016).

#### 2.4.4. *Nitrato de potasio*

El uso de  $\text{KNO}_3$  es especialmente deseable en condiciones en las que se necesita una fuente de nutrientes libre de cloruros y altamente soluble, Este fertilizante tiene todo el N inmediatamente disponible para la absorción de las plantas en forma de nitrato, lo que no requiere ninguna acción microbiana adicional ni transformación en el suelo y por ellos los productores de hortalizas prefieren usar este tipo de fertilizante para aumentar el rendimiento y la calidad. El nitrato de potasio contiene una proporción relativamente alta de K, con una proporción de N a K de aproximadamente 1:3 (International Plant Nutrition Institute, 2023; SQM, 2023).

Las aplicaciones de  $\text{KNO}_3$  al suelo se realizan antes de la temporada de crecimiento o como suplemento durante la temporada de crecimiento, a veces en forma de aspersión mediante una solución directamente al follaje para estimular los procesos fisiológicos o para superar las deficiencias de nutrientes, además la aplicación foliar de K durante el desarrollo de la fruta puede ser ventajosa para algunos cultivos, ya que esta etapa de crecimiento a menudo coincide con una alta demanda de K durante el tiempo de disminución de la actividad de las raíces y la absorción de nutrientes, también se usa comúnmente para la producción de plantas de invernadero y el cultivo hidropónico (Haddad et al., 2016; International Plant Nutrition Institute, 2023).

#### 2.4.5. *Calcio*

La nutrición es un factor clave para las plantas en donde es asimilado como  $\text{Ca}^{2+}$  y es elemento esencial para su crecimiento y el desarrollo de los frutos, además de intervenir en mecanismos de resistencia de las plantas a enfermedades debido a que tiene como base la protección de la pared celular, puesto que cumple un papel fundamental en la estabilidad de la membrana y la integridad celular. Las hojas contienen la concentración más alta de Ca debido a la formación de pectato de calcio en la lámina media de las células (Sayed El Habbasha & Mohamed Ibrahim, 2015).

El calcio es un elemento asociado con el transporte de N y la interacción con potasio (K) y fósforo (P) y por otro lado, se ha observado un aumento de los niveles de calcio libre en el citoplasma de las células bajo condiciones de estrés abiótico, lo que conduce a la expresión de genes que activan respuestas bioquímicas que permiten que la planta se adapte a condiciones adversas de diversa índole como alta temperatura, frío, estrés hídrico y salinidad (Sayed El Habbasha & Mohamed Ibrahim, 2015).

#### 2.4.6. *Magnesio*

Las plantas absorben Mg de la solución del suelo, que se repone lentamente con las reservas del suelo en donde los factores clave para su liberación son la duración y la intensidad de la meteorización, la humedad del suelo, el pH del suelo y la actividad microbiana de las raíces en el suelo, aunado al hecho de que la cantidad de Mg liberado de los minerales del suelo es generalmente pequeña en comparación con las cantidades necesarias para mantener un alto rendimiento y calidad de los cultivos (Senbayram et al., 2015). Por lo tanto, en muchos agroecosistemas, la aplicación de fertilizantes de Mg

es crucial puesto que está involucrado en muchos procesos fisiológicos y bioquímicos; tales como el crecimiento y desarrollo de las plantas y juega un papel clave en los mecanismos de defensa de las plantas en situaciones de estrés abiótico, por lo tanto, se requiere un suministro óptimo de Mg para mejorar la tolerancia del cultivo a diversos tipos de estrés y para aumentar los parámetros de rendimiento y calidad de los productos cosechados (Senbayram et al., 2015).

A diferencia de otros cationes, el Mg es muy móvil en los suelos porque está menos ligado a las cargas del suelo. Por lo tanto, las pérdidas de Mg por lixiviación pueden ocurrir en suelos arenosos con alta conductividad del agua. La lixiviación de Mg en los suelos cuando se aplica con varios fertilizantes solubles en agua también puede variar según la composición química del fertilizante, el tamaño de los gránulos y el efecto sobre el pH del suelo y el equilibrio catiónico (Senbayram et al., 2015).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### **3.1. Descripción del sitio de la investigación**

El estudio fue conducido en la comunidad Gatazo Zambrano, cantón Colta de la provincia de Chimborazo ubicado a una altitud: 3143 m.s.n.m (latitud 751148S y longitud: 9815168. Desde el punto de vista climatológico, la zona se caracteriza por una temperatura media anual de 14 ° C, humedad relativa: 70% y una precipitación media anual de 480 mm/año, lo cual se lo define como un Bosque seco Montano Bajo (bsMb) y estepa espinosa Montano bajo (eeMb) (Holdridge, 1978).

Características del suelo: es un suelo de estructura granular, textura: Franco Arenoso, topografía plana y con una profundidad: >0,50 m, son suelos de buen drenaje (Anexo 1).

#### **3.2. Equipos y materiales**

- Asperjadora de mochila
- Cinta métrica
- Balanza
- Regla
- Vernier
- Semillas de cilantro
- Fertilizantes

#### **3.3. Tipo de investigación**

La investigación fue conducida bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental puesto que según Hernández-Sampieri et al. (2014), la experimentación involucra la manipulación intencional de la variable independiente de manera de evaluar su efecto en la (s) variable (s) respuesta (variables dependientes).

### 3.4. Prueba de hipótesis

H0= Las diferentes dosis de la fertilización nitrogenada no tienen efecto sobre el rendimiento del cultivo de cilantro

H1=Las diferentes dosis de la fertilización nitrogenada no tienen efecto sobre el rendimiento del cultivo de cilantro

### 3.5. Recolección de la información

Se evaluó el efecto de la aplicación de tres fuentes de fertilizantes nitrogenados (urea, nitrato y Ferthigue) a tres dosis (alto, medio y bajo) sobre los parámetros altura de planta, número de pecíolos, longitud de raíz, peso fresco de la planta, tiempo a la cosecha y rendimiento en plantas de culantro morado, también conocido como “pata morada”. Además se consideró un tratamiento control al cual no se hizo ninguna aplicación de fertilizantes.

Para el experimento se prepararon unidades experimentales de  $2,55 \times 3,95 \text{ m}^2$ , cada una con cuatro camellones de 3,95 m de largo, ubicados a una distancia de 60 cm y la distancia entre plantas en un mismo camellón fue de 30 cm en los dos lados del camellón. Las semillas fueron sembradas al voleo directamente en el suelo. Adicionalmente, en cada parcela se aplicaron las prácticas agrícolas de acuerdo con las recomendaciones para el cultivo.

Los cálculos sobre la cantidad de fertilizantes a aplicar fueron hechos de acuerdo con el análisis de suelo y los requerimientos del cultivo (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1.** Disponibilidad de nutrientes en el suelo de acuerdo con el análisis de suelo (ver anexo)

| Nutriente                              | Valores (mg/kg) | Transformado (kg/ha) |
|--|-----------------|----------------------|
| N (NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> ) | 28,5            | 57                   |
| P                                      | 160             | 320                  |
| K                                      | 152             | 304                  |

Fuente: Agar Projekt (2023)



**Tabla 2.** Nutrientes totales requeridos por plantas de cilantro (kg/ha)

| Nutrientes    |             |                |            |          |                |
|---------------|-------------|----------------|------------|----------|----------------|
| Nitrógeno (N) | Fósforo (P) | Potasio (K)    | Calcio     | Magnesio | Azufre         |
| 150           | 50          | 280            | 60         | 16       | 6,5            |
| Hierro (Fe)   | Zinc (Zn)   | Manganeso (Mn) | Cobre (Cu) | Boro (B) | Molibdeno (Mb) |
| 2,0           | 1,5         | 0,8            | 0,25       | 0,15     | 0,07           |

Fuente: Infoagro (2018)

**Tabla 3.** Fuentes de nitrógeno usadas en el estudio

| Fuente             | Fórmula                           | Concentración (%)                  |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| *Urea              | CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> | 46 N                               |
| *Nitrato amonio    | NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>   | 34 N                               |
| <b>**Ferthigue</b> |                                   |                                    |
| N                  | 5%                                |                                    |
| P                  | 1,8%                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 4,12 |
| K                  | 1,3%                              | K <sub>2</sub> O 1,56              |

Fuente: \*Quimasa (2020)

\*\* Edifarm (2022)

Los tratamientos quedaron de la siguiente manera y distribuidos de acuerdo a la tabla siguiente:

| Fuente de nitrógeno    | Dosis | g/parcela (10.07 m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|-------|-----------------------------------|
| T1 (urea)              | Baja  | 133,1                             |
| T2 (urea)              | Media | 266,2                             |
| T3 (urea)              | Alta  | 399,2                             |
| T4 (Nitrato de amonio) | Baja  | 180,7                             |
| T5 (Nitrato de amonio) | Media | 360,2                             |
| T6 (Nitrato de amonio) | Alta  | 540,2                             |
| T7 (Ferthigue)         | Baja  | 1224,5                            |

|                |       |        |
|----------------|-------|--------|
| T8 (Ferthigue) | Media | 2449,0 |
| T9 (Ferthigue) | Alta  | 3673,5 |
| F1BR1          | F1MR3 | F2BR1  |
| F2AR3          | F1AR2 | F2AR1  |
| F3MR1          | F2BR2 | F1MR2  |
| F3BR2          | TOR1  | F2MR3  |
| F1AR3          | F3MR2 | F3BR3  |
| F2BR2          | F2AR2 | F3MR3  |
| F2MR1          | F3BR1 | F1BR3  |
| F1MR2          | F2MR1 | F1AR1  |
| TOR2           | F1BR3 | F3AR3  |
| F3AR2          | F3AR1 | TOR3   |

### **3.6. *Procesamiento de la información***

El ensayo fue conducido en un diseño de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas, siendo la parcela principal representada por la fuente de nitrógeno y la subparcela por las dosis aplicadas. Las variables evaluadas fueron sometidas a un análisis de varianza de una vía, previo la comprobación del cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad de la varianza. Posteriormente, aquellas variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas a través de pruebas de media según Tukey ( $p < 0,05$ ) usando el paquete estadístico Statistix para Windows, versión 10.0.

### 3.7. *Variables respuesta*

- a) *Altura de planta*: Fue evaluada a los 57, 70 y 90 días después de la siembra para determinar el efecto de los diferentes tratamientos sobre la evolución del crecimiento.
- b) *Número de pecíolos*: El número de pecíolos por planta fue evaluado a los 90 días después de la siembra, para lo cual fueron seleccionadas 20 plantas al azar
- c) *Longitud de raíz*: La longitud de la raíz se midió al final del ensayo y fue expresada en centímetros (cm) y se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice de la raíz.
- d) *Peso fresco de la planta*: El peso fresco de la planta se midió al final del ensayo y fue expresado en gramos (g) y fue evaluado al desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta.
- e) *Tiempo a la cosecha*: Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento de la cosecha. Para la evaluación fueron seleccionadas 20 plantas al azar.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Efecto de tres fuentes y dosis de fertilización nitrogenada sobre la productividad de plantas de cilantro

##### 4.1.1. Altura de planta

Se encontró efecto de interacción entre el tipo de fuente y la dosis del fertilizante aplicado sobre las variables de crecimiento de la planta de cilantro medida a los 57, 70 y 90 días después de la siembra (Tabla 4). A los 57 días después de la siembra, la altura de planta fue significativamente superior con la fertilización a base de Nitrato de Amonio, seguido del tratamiento con urea y Ferthigue cuando fueron usadas las dosis más altas, con valores de 8,4; 7,3 y 6,9 cm de altura, sin embargo, un efecto similar fue observado con el fertilizante orgánico a la menor dosis cuando las plantas alcanzaron 7,4 cm de altura. Resultados intermedios fueron alcanzados con el resto de los tratamientos, los cuales fueron todos superiores a las plantas que no recibieron ningún tipo de fertilización (control) donde las plantas apenas alcanzaron 5,5 cm de altura, lo cual fue 34,5% menos que el mejor tratamiento.

**Tabla 4.** Variación de la altura de planta de cilantro morado por efecto de la variación de la fuente y dosis del fertilizante

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | Altura de planta (días después de la siembra) |                 |                  |
|------------------------|-----------|---|-----------------|------------------|
|                        |           | 57  | 70              | 90               |
| Urea                   | Baja      | 5,6 ± 1,98 cd                                 | 15,1 ± 5,59 bc  | 46,7 ± 11,004 a  |
|                        | Media     | 6,7 ± 2,01 bc                                 | 17,3 ± 5,26 abc | 46,9 ± 8,8609 a  |
|                        | Alta      | 7,3 ± 1,71 ab                                 | 19,2 ± 5,14 ab  | 42,1 ± 10,453 ab |
| Nitrato de amonio      | Baja      | 6,6 ± 1,69 bc                                 | 16,6 ± 4,78 abc | 44,0 ± 7,7504 a  |
|                        | Media     | 6,4 ± 2,08 bc                                 | 17,0 ± 6,72 abc | 45,2 ± 13,70 a   |
|                        | Alta      | 8,4 ± 1,85 a                                  | 20,1 ± 4,38 a   | 47,5 ± 9,8497 a  |
| Ferthigue              | Baja      | 7,4 ± 1,89 ab                                 | 18,4 ± 3,79 ab  | 44,1 ± 7,1984 a  |
|                        | Media     | 6,8 ± 1,56 bc                                 | 16,9 ± 3,64 abc | 43,7 ± 7,6300 ab |
|                        | Alta      | 6,9 ± 1,82 abc                                | 18,0 ± 4,46 ab  | 46,7 ± 8,79 a    |

|                |   |              |               |               |
|----------------|---|--------------|---------------|---------------|
| <i>Control</i> | 0 | 5,5 ± 2,07 d | 15,2 ± 5,54 c | 35,8 ± 4,01 b |
|----------------|---|--------------|---------------|---------------|

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ( $p < 0,01$ ).

Un comportamiento similar fue observado a los 70 días después de la siembra, puesto que de igual manera la mayor altura de planta fue alcanzada en plantas fertilizadas con Nitrato de Amonio y con Ferthigue, independientemente de la dosis, así mismo las plantas tratadas con urea en las dosis media y alta alcanzaron las mayores alturas. Del mismo modo, el resto de los tratamientos mostraron valores intermedios de la altura de planta y nuevamente todos los tratamientos fueron superiores al tratamiento control. Finalmente, a los 90 días después de la siembra la mayor parte de los tratamientos mostraron un efecto positivo sobre la altura de planta puesto que en todos los casos mostraron ser superiores al tratamiento sin fertilización.

Estudios previos que han evaluado el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la altura en plantas de cilantro han mostrado resultados contrastantes. Por un lado, similar a lo observado en los resultados del presente estudio, Abdollahi et al. (2016) demostraron que el incremento en las dosis de nitrógeno mejoró el crecimiento vegetativo del cilantro, en comparación con plantas a las cuales no se les aplicó ningún tipo de fertilización observando que la aplicación de 150 kg N/ha provocó aumentos en la longitud de la planta en comparación las plantas fertilizadas con 75 kg N/ha y el control. De acuerdo con (El-Wahab & Mohamed, 2007), el nitrógeno tiene un papel crucial en la estimulación del crecimiento celular, la síntesis de clorofila y los aminoácidos, lo que da como resultado un mayor crecimiento vegetativo. Así mismo, el nitrógeno es un componente esencial de la proteína (construida a partir de aminoácidos que implica la catálisis de las respuestas químicas y el transporte de electrones) y la clorofila, que favorece la fotosíntesis, promoviendo así varios procesos fisiológicos que conllevan al incremento del crecimiento y desarrollo de hojas, tallos y otras partes vegetativas, así como imparte color verde oscuro en las plantas, debido a que favorece también la absorción y utilización de otros nutrientes, como el potasio y el fósforo (Leghari, Wahocho, et al., 2016).

Resulta significativo resaltar que la fertilización orgánica produjo valores significativamente superiores a los obtenidos con fertilizantes inorgánicos. Según (Carrubba, 2009), el mejor aprovechamiento del suministro de N orgánico requiere de la

liberación de N por mineralización, por lo que la relación C/N constituye un factor determinante en las variaciones de la cantidad de N mineralizado del fertilizante orgánico inicial. Con base en esta afirmación, la fertilización orgánica puede ser un método útil para mejorar el rendimiento, especialmente cuando se sugiere el manejo orgánico.

Por otra parte, Izgi (2020) encontraron disminución en la altura de las plantas (61,6 y 57,0 cm) cuando se aplicaron dosis superiores a 60 kg de nitrógeno por hectárea, destacándose que la fertilización con nitrógeno en dosis superiores a la dosis óptima por planta puede tener un efecto negativo en la altura de la planta. De manera similar, Szempliński et al. (2018) encontraron que la fertilización mineral (P, K, S, Mg y micronutrientes) no tuvo un efecto significativo en el crecimiento, desarrollo o rendimiento del cilantro.

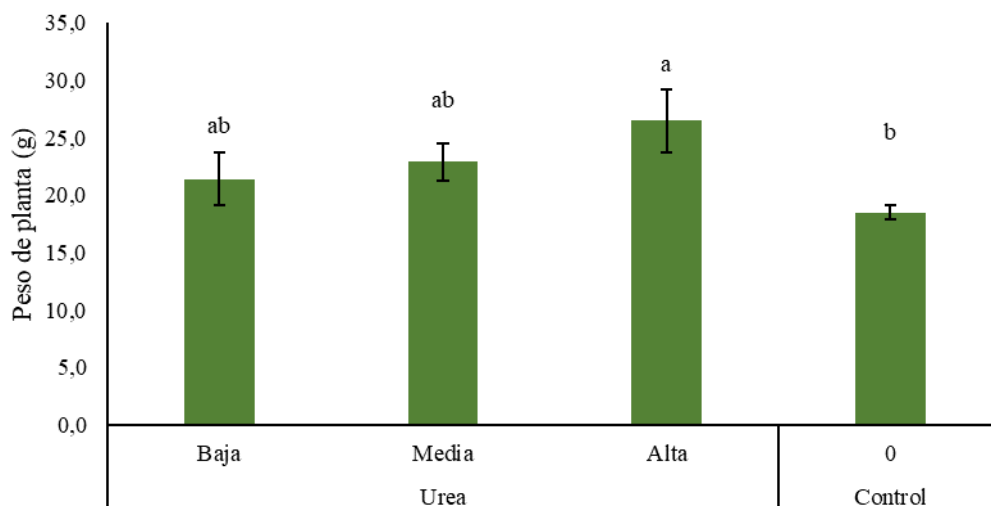
Aunque, se conoce el efecto beneficioso del nitrógeno en la planta, su eficiencia depende en gran medida de las condiciones generales de fertilidad del sitio de cultivo: los ambientes en los que los niveles iniciales de productividad son más altos podrían incrementar los efectos de la fertilización suplementaria con N (Carrubba, 2009, 2014b).

#### *4.1.2. Peso fresco de planta*

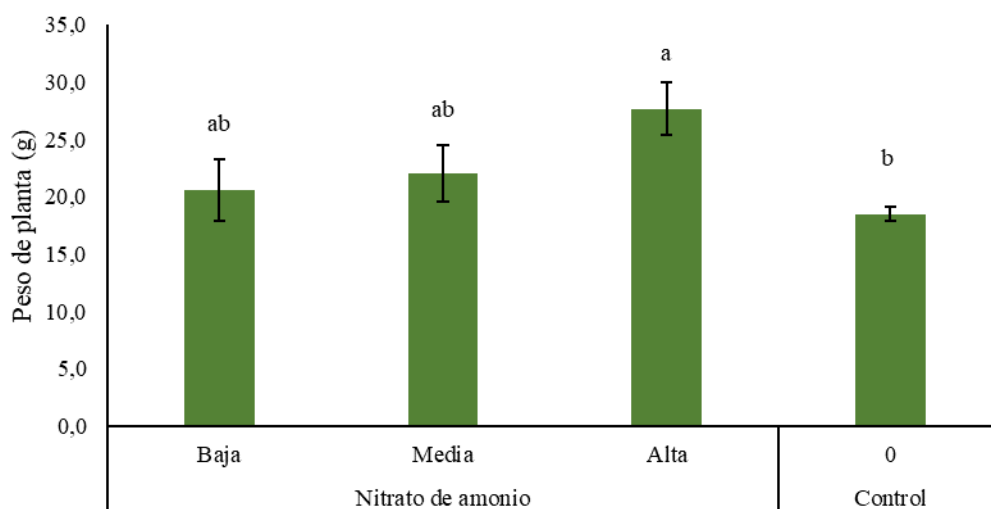
De manera similar a lo observado en la altura de planta, se detectó un efecto de interacción entre la fuente y dosis de fertilización sobre el peso fresco de planta de cilantro (Figuras 3-5). En general, todos los tratamientos produjeron un mayor peso de plantas que el tratamiento control. Las plantas sometidas a fertilización con nitrato de amonio con la mayor dosis arrojaron el mayor valor (27,7 g/planta), siendo este valor desde 11,1% hasta un 26,9% superior al ser comparado con las plantas tratadas con Ferthigue aplicado a dosis alta y baja, respectivamente. En comparación con el tratamiento control y Ferthigue a dosis baja el uso de urea a dosis baja fue 39% superior.

Lokhnade et al. (2015) indican que, aparte del efecto sobre los parámetros de crecimiento de la planta, la aplicación de niveles variables de nitrógeno provocó el incremento de la biomasa fresca y seca por planta desde 20,68 hasta 44,11 g con la aplicación de 30 y 60 kg nitrógeno/ha, respectivamente, durante todas las etapas de crecimiento, mientras que el uso de dosis superiores no se relacionó con aumentos en

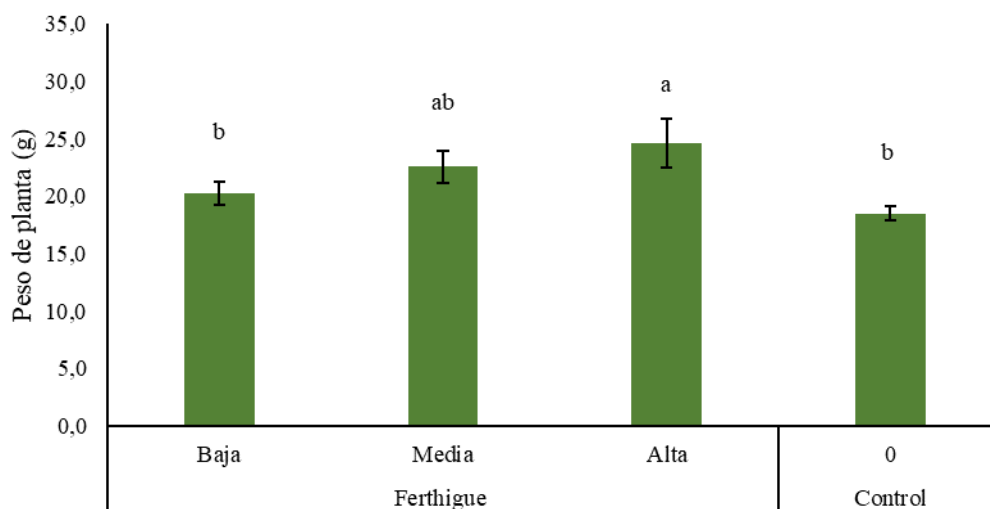
los valores de los parámetros de crecimiento y características de rendimiento, sugiriendo que existe una cantidad adecuada de nitrógeno que permite mejorar el crecimiento vegetativo.



**Figura 3.** Variación del peso fresco en planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de urea



**Figura 4.** Variación del peso fresco en planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de nitrato de amonio.



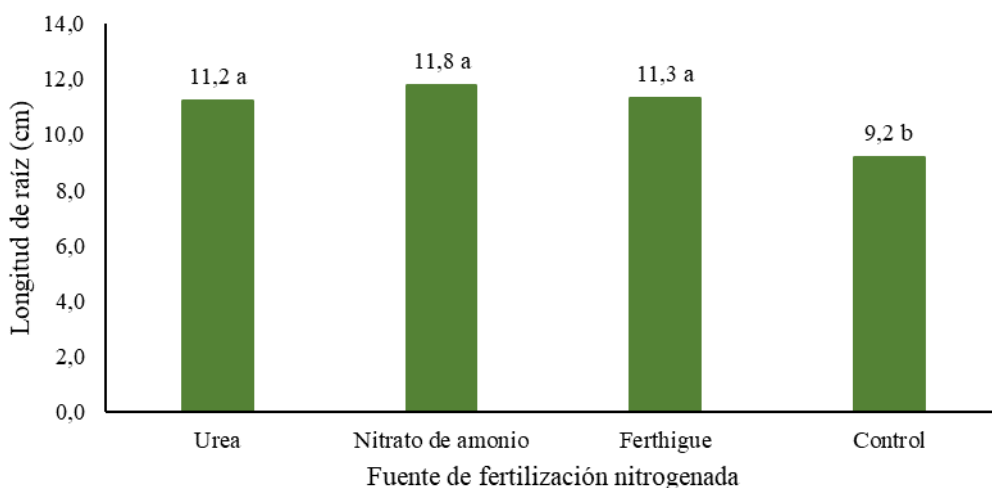
**Figura 5.** Variación del peso fresco en planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de Ferthigue.

En este sentido, la aplicación de N mejoró la acumulación de materia fresca y seca, lo cual estuvo relacionado con el incremento de la cantidad de nitrógeno aplicado como fertilizante (Nayak et al., 2013).

#### 4.1.3. Longitud de raíz

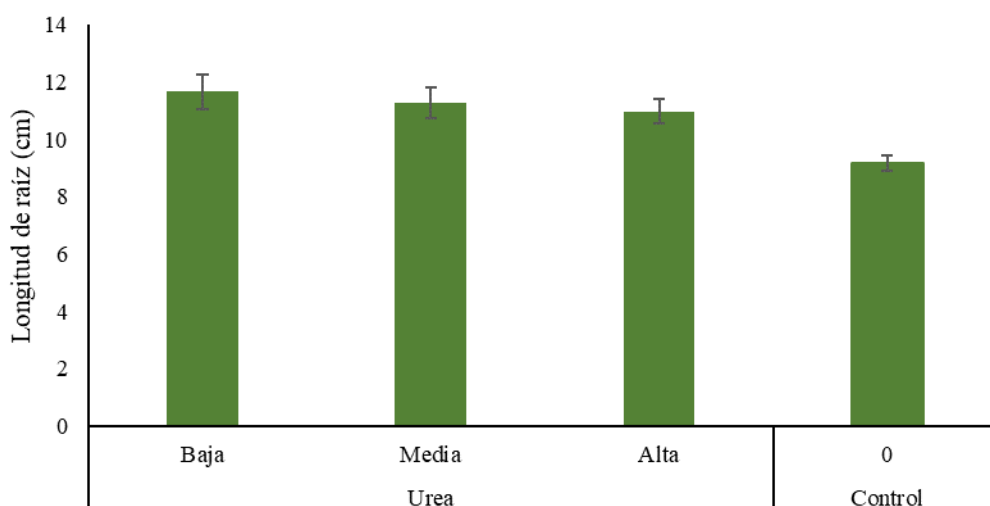
Con relación a la longitud de raíz solo se verificó el efecto individual de la fuente de fertilización. Cuando se consideró la longitud de la raíz, las tres fuentes de fertilización mostraron valores mayores con relación al tratamiento control, los cuales en promedio fueron 11,8; 11,3 y 11,2 cm de longitud en plantas tratadas con nitrato de amonio, urea y Ferthigue, respectivamente, mientras que en el tratamiento control las raíces alcanzaron en promedio 9,2 cm (Figura 6).



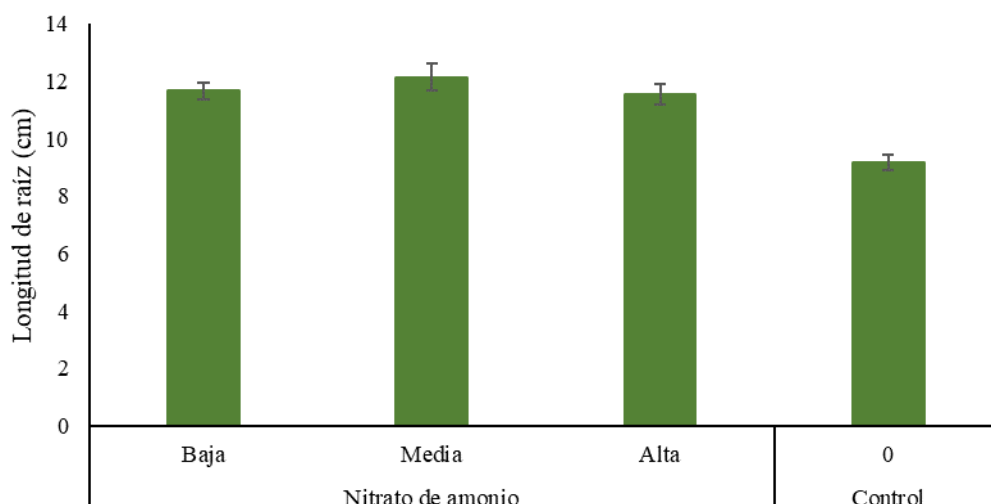


**Figura 6.** Efecto de la fuente de fertilización nitrogenada sobre la longitud de la raíz en plantas de cilantro

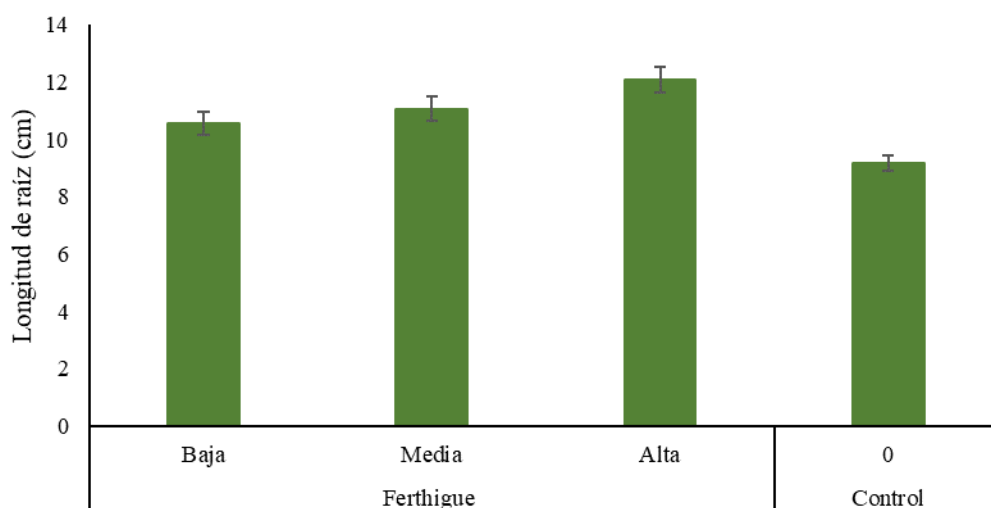
Cuando se analizó cada tratamiento por separado se observó que los máximos valores de longitud de raíz fueron alcanzados en plantas tratadas con nitrato de amonio a dosis media, Ferthigue a dosis alta, urea a dosis baja y nitrato de amonio a dosis baja y alta con valores que variaron entre 12,1 y 11,5 cm, mientras que urea a dosis media y alta y con Ferthigue a dosis media, la longitud de la raíz varió desde 10,6 hasta 11,3 cm y, por último, en las plantas que no recibieron fertilización las raíces alcanzaron la menor longitud con 9,67 cm (Figuras 7-9).



**Figura 7.** Variación de la longitud de la raíz en plantas de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de urea.



**Figura 8.** Variación de la longitud de la raíz en plantas de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de nitrato de amonio.

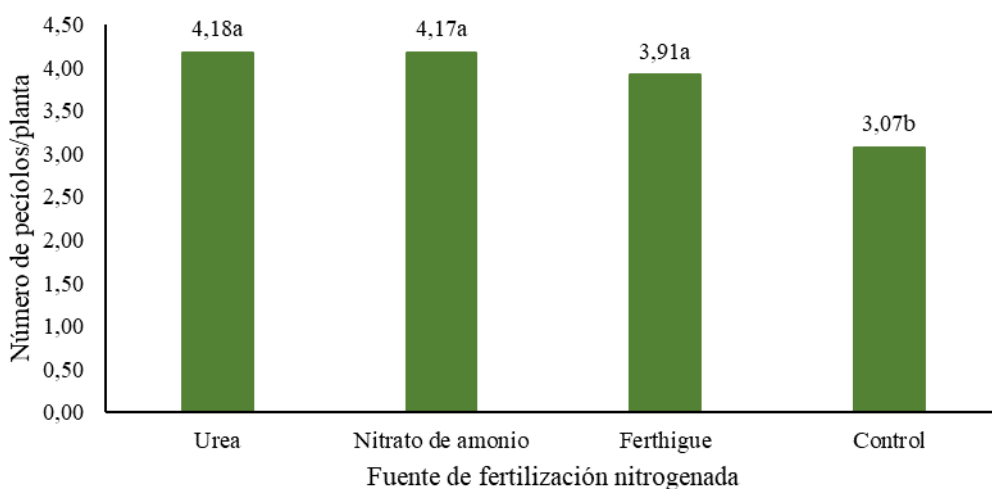


**Figura 9.** Variación de la longitud de la raíz en plantas de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de Ferthigue.

#### 4.1.4. Número de pecíolo

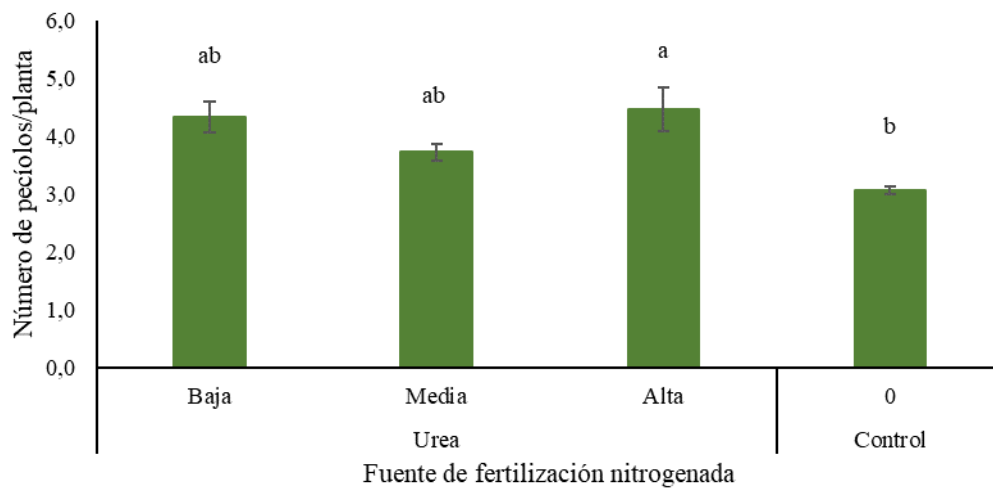
Por su parte, el número de pecíolos por planta también mostró una tendencia similar en función de la fuente de fertilización, observándose que el mayor número de pecíolos fue mostrado por plantas fertilizadas en las cuales se contabilizó un promedio de 3,9 a 4,2 pecíolos/planta, independientemente de la fuente de nitrógeno (Figura 10).

Similar a lo mostrado con el peso de planta, el menor número de pecíolos fue encontrado en plantas sin fertilización.

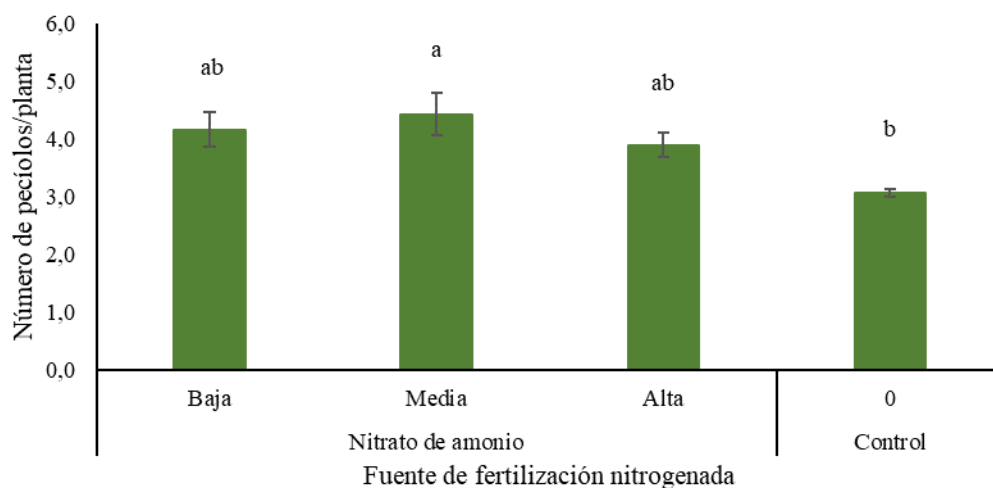


**Figura 10.** Efecto de la fuente de fertilización nitrogenada sobre el número de pecíolos en plantas de cilantro

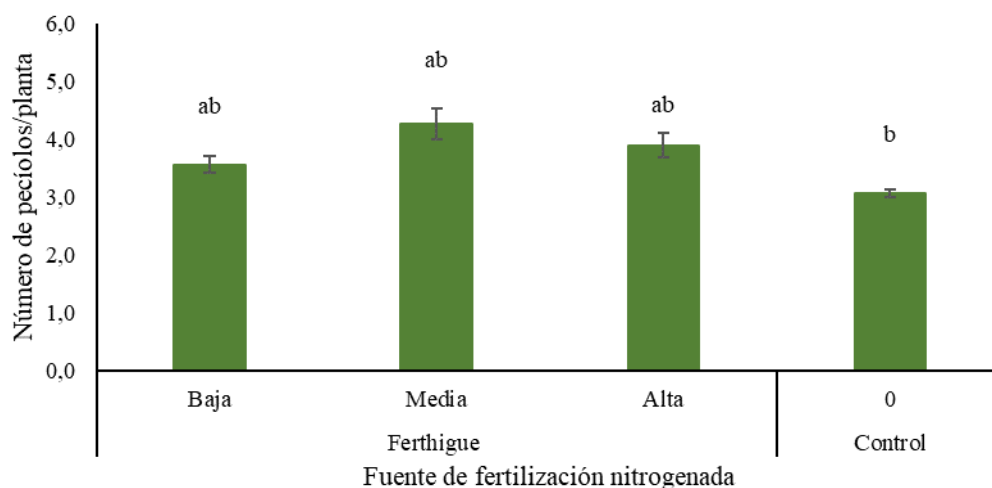
Al considerar el análisis de cada tratamiento por separado se observó que los mejores resultados fueron alcanzados con la aplicación de urea en dosis alta (4,46 pecíolos) y nitrato de amonio a dosis media (4,43 pecíolos), seguidos de aquellas plantas que fueron tratadas con urea en dosis baja (4,33 pecíolos), Fertigue dosis media (4,26 pecíolos), nitrato de amonio en dosis baja (4,17 pecíolos), Fertigue en dosis alta (3,90 pecíolos), urea a dosis media (3,73 pecíolos) y Fertigue a dosis baja (3,56 pecíolos), mientras que en plantas sin fertilización el número de pecíolos por planta alcanzó un promedio 3,06 unidades (Figura 11-13).



**Figura 11.** Variación del número de pecíolos por planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de urea.



**Figura 12.** Variación del número de pecíolos por planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de nitrato de amonio.



**Figura 13.** Variación del número de pecíolos por planta de cilantro por efecto de las diferentes fuentes y dosis de Ferthigue.

Finalmente, no se encontró efecto tanto de la fuente como de la dosis sobre el número de plúmulas por planta de cilantro y el número de esta estructura varió desde 5,33 hasta 6,67 (Tabla 5).

**Tabla 5.** Variación del número de plúmulas por planta en cilantro tratadas con diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | Número de plúmulas/planta |        |        |
|------------------------|-----------|---------------------------|--------|--------|
|                        |           | Promedio                  | Mínimo | Máximo |
| Urea                   | 133,1     | 6,67 a                    | 6      | 7      |
|                        | 266,2     | 6,00 a                    | 5      | 7      |
|                        | 399,2     | 5,33 a                    | 4      | 8      |
| Nitrato de amonio      | 180,7     | 6,33 a                    | 6      | 7      |
|                        | 360,2     | 6,33 a                    | 4      | 8      |
|                        | 540,2     | 6,67 a                    | 6      | 8      |
| Ferthigue              | 1224,5    | 6,33 a                    | 5      | 7      |
|                        | 2449,0    | 6,00 a                    | 5      | 7      |

|         |        |        |   |   |
|---------|--------|--------|---|---|
|         | 3673,5 | 6,33 a | 5 | 7 |
| Control | 0      | 6,33 a | 6 | 7 |

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ( $p < 0,01$ )

#### 4.2. Evaluar el tiempo a la cosecha de plantas de cilantro tratadas con tres fuentes y dosis de fertilización nitrogenada

En consideración al tiempo a la cosecha se demostró que existió un efecto significativo de la fuente de fertilización nitrogenada pero no de la dosis ni de interacción fuente x dosis (Tabla 6). El menor tiempo a la cosecha se observó en plantas fertilizadas con nitrato de amonio y urea con 91,8 y 92,6 días, respectivamente, mientras que un tiempo mayor fue observado en plantas tratadas con Ferthigue y las plantas no fertilizadas, en las cuales se requirieron 97,3 y 95,3 días para la cosecha, respectivamente.

**Tabla 6.** Tiempo a la cosecha de plantas de cilantro tratadas con diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | Número de plúmulas/planta |        |        |
|------------------------|-----------|---------------------------|--------|--------|
|                        |           | Promedio                  | Mínimo | Máximo |
| Urea                   | 133,1     | 91,0 c                    | 90     | 93     |
|                        | 266,2     | 92,7 bc                   | 90     | 95     |
|                        | 399,2     | 94,0 abc                  | 92     | 95     |
| Nitrato de amonio      | 180,7     | 93,0 abc                  | 92     | 95     |
|                        | 360,2     | 90,7 c                    | 90     | 92     |
|                        | 540,2     | 91,7 c                    | 90     | 93     |
| Ferthigue              | 1224,5    | 95,3abc                   | 95     | 96     |
|                        | 2449,0    | 98,0 ab                   | 98     | 98     |

|         |        |          |    |    |
|---------|--------|----------|----|----|
|         | 3673,5 | 98,7 a   | 98 | 99 |
| Control | 0      | 95,3 abc | 95 | 96 |

Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ( $p < 0,01$ ).

El tiempo a la cosecha puede estar influenciado por factores genéticos, climáticos y agronómicos, cuya combinación adecuada provoca los mejores resultados no solo en términos de materia fresca y seca sino también en el rendimiento de frutos y aceites esenciales (Gil et al., 2002; Szempliński & Nowak, 2015). Sin embargo, dado que en la presente investigación se usó una sola variedad adaptada a las condiciones climáticas de la zona, probablemente el tipo de fertilización nitrogenada usada no fue suficiente para promover un efecto significativo en esta variable. Como cultivo sensible a la temperatura, generalmente requiere un clima relativamente fresco, comparativamente seco y libre de heladas durante su etapa inicial para un buen crecimiento vegetativo y una temperatura relativamente cálida durante la etapa de floración y reproducción para obtener altos rendimientos y buena calidad (Kassu et al., 2018).

#### 4.3. Análisis económico de cada tratamiento

Para el análisis económico de los tratamientos de fertilización en cilantro se hicieron los cálculos para la determinación de los costos de producción del ensayo, considerándose lo relativo a la mano de obra estimada en \$ 15,0 más gastos de fertilizantes los cuales variaron entre 15 en el tratamiento control, \$ 15.36 y \$16,1 en el tratamiento con Ferthigue, \$ 15.72 y \$ 17,14 en el tratamiento con nitrato de amonio y \$ 15.74 y \$ 17,2 en el tratamiento con urea (Tablas 7-8).

En la Tabla 9 se muestran los valores relacionados con el rendimiento, definido como el peso total de plantas por parcela obtenidas al final de la producción e ingresos totales por tratamiento calculados con base en el precio del cilantro por kg, el cual en promedio fue de 0,66 \$.

**Tabla 7.** Costos de la aplicación de los diferentes tratamientos

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | N° | Mano de obra         |                | Cantidad de aplicaciones | Fertilizantes        |                | Total |
|------------------------|-----------|----|----------------------|----------------|--------------------------|----------------------|----------------|-------|
|                        |           |    | Costo unitario (USD) | Subtotal (USD) |                          | Costo unitario (USD) | Subtotal (USD) |       |
| Urea                   | Baja      | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.37                 | 0.74           | 15.74 |
|                        | Media     | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.73                 | 1.46           | 16.46 |
|                        | Alta      | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 1.1                  | 2.2            | 17.2  |
| Nitrato de amonio      | Baja      | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.36                 | 0.72           | 15.72 |
|                        | Media     | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.71                 | 1.42           | 16.42 |
|                        | Alta      | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 1.07                 | 2.14           | 17.14 |
| Ferthigue              | Baja      | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.18                 | 0.36           | 15.36 |
|                        | Media     | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.37                 | 0.74           | 15.74 |
|                        | Alta      | 1  | 15                   | 15             | 2                        | 0.55                 | 1.1            | 16.1  |
| Control                | 0         | 1  | 15                   | 15             | 0                        | 0                    | 0              | 15    |

**Tabla 8.** Costos de inversión por tratamiento

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | Costos             |                     |       |
|------------------------|-----------|--------------------|---------------------|-------|
|                        |           | Mano de obra (USD) | Fertilizantes (USD) | Total |
| Urea                   | Baja      | 15                 | 0.74                | 15.74 |
|                        | Media     | 15                 | 1.46                | 16.46 |
|                        | Alta      | 15                 | 2.2                 | 17.2  |
| Nitrato de amonio      | Baja      | 15                 | 0.72                | 15.72 |
|                        | Media     | 15                 | 1.42                | 16.42 |



|           |       |    |      |       |
|-----------|-------|----|------|-------|
|           | Alta  | 15 | 2.14 | 17.14 |
| Ferthigue | Baja  | 15 | 0.36 | 15.36 |
|           | Media | 15 | 0.74 | 15.74 |
|           | Alta  | 15 | 1.1  | 16.1  |
| Control   | 0     | 15 | 0    | 15    |

**Tabla 9.** Ingresos totales por tratamiento

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | Rendimiento (kg/tratamiento) | Precio/kg (USD) | Ingreso total (USD) |
|------------------------|-----------|------------------------------|-----------------|---------------------|
| Urea                   | Baja      | 191,32 ab                    | 0,66            | 126,27              |
|                        | Media     | 204,43 ab                    | 0,66            | 134,92              |
|                        | Alta      | 236,61 ab                    | 0,66            | 156,16              |
| Nitrato de amonio      | Baja      | 183,87 ab                    | 0,66            | 121,35              |
|                        | Media     | 199,66 ab                    | 0,66            | 131,78              |
|                        | Alta      | 247,34 a                     | 0,66            | 163,24              |
| Ferthigue              | Baja      | 180,59 b                     | 0,66            | 119,19              |
|                        | Media     | 201,45 ab                    | 0,66            | 132,96              |
|                        | Alta      | 219,92 ab                    | 0,66            | 145,15              |
| Control                | 0         | 162,70 b                     | 0,66            | 107,38              |

En general, todos los tratamientos mostraron valores de la relación beneficio costo superiores a 1, sin embargo, los mayores valores fueron alcanzados con el uso de nitrato de amonio y urea a dosis altas con las que la relación B/C fue de 1.81 y 1.73 con los cuales se estima que los beneficios netos obtenidos fueron 0.81 y 0.73 veces el valor invertido (Tabla 10).

**Tabla 10.** Cálculo de la relación Beneficio-costo de cada tratamiento con tasa de interés de 12%

| Fuente de fertilizante | Dosis (g) | Ingreso total (USD) | Inversión (USD) | Costo total (USD) | RBC  |
|------------------------|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|------|
| Urea                   | Baja      | 126.27              | 73.2            | 15.74             | 1.42 |
|                        | Media     | 134.92              | 73.2            | 16.46             | 1.50 |
|                        | Alta      | 156.16              | 73.2            | 17.2              | 1.73 |
| Nitrato de amonio      | Baja      | 121.35              | 73.2            | 15.72             | 1.36 |
|                        | Media     | 131.78              | 73.2            | 16.42             | 1.47 |
|                        | Alta      | 163.24              | 73.2            | 17.14             | 1.81 |
| Ferthigue              | Baja      | 119.19              | 73.2            | 15.36             | 1.35 |
|                        | Media     | 132.96              | 73.2            | 15.74             | 1.49 |
|                        | Alta      | 145.15              | 73.2            | 16.1              | 1.63 |
| Control                | 0         | 107.38              | 73.2            | 15                | 1.22 |

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXO

#### 5.1. Conclusiones

- El efecto de la fuente y dosis del fertilizante nitrogenado influye sensiblemente en la altura de planta, peso fresco, longitud de raíz y el número de pecíolos en plantas de cilantro. Con relación con la altura de planta el mayor efecto fue mostrado a los 90 días después de la siembra, cuando todos los tratamientos aplicados produjeron mejores resultados al ser comparados con el tratamiento control, independientemente de la dosis usada. En cuanto al peso, las tres fuentes de fertilización son superiores, sin embargo, los más altos valores se presentan con dosis media y alta, mientras que en la longitud de la raíz no se observó efecto de la dosis.
- De manera similar, el tiempo y dosis de fertilizante mostró un efecto en el rendimiento, medido como el peso total de la planta en cada parcela. Así, el mayor rendimiento fue alcanzado cuando se usó nitrato de amonio a la mayor dosis, mientras que, el tratamiento control y Ferthigue a la menor dosis presentaron rendimientos bajos. El resto de los tratamientos donde se usó urea, nitrato de amonio y Ferthigue aplicados a dosis media y alta pueden producir rendimientos intermedios, sin diferencias significativas entre ellos.
- De acuerdo con el análisis económico realizado, se observó una mayor relación beneficio-costos con el uso de las fuentes de nitrógeno nitrato de amonio y urea cuando se aplicaron en las dosis más altas, con las cuales la relación B/C fueron 1.73 y 1.81, mientras que con la mayor dosis de Fertighe la relación B/C fue 1.63.

#### 5.2. Recomendaciones

- Se sugiere realizar estudios similares en el cultivo de cilantro donde se evalúen otros factores de rendimiento, tales como producción y calidad de frutos debido al uso comercial de estos en diferentes tipos de industria, lo cual podría incrementar los ingresos económicos a los productores.

- Debido a que los resultados obtenidos usando el fertilizante orgánico (Ferthigue) fueron similares a los obtenidos con los fertilizantes inorgánicos, se sugiere continuar las investigaciones debido a que en general requirieron un menor costo y con menor impacto al ambiente.

### 5.3. Bibliografía

- Abdelkader, M. A., Gendy, A. S., Bardisi, I. A., & Elkkad, H. A. (2018). The impact of NPK fertilization level and Lithovit concentration on productivity and active ingredients of *Coriandrum sativum* plants. *Sciences*, 8(3), 827–836.
- Abdollahi, F., Salehi, A., Shahabi, R., & Rahimi, A. (2016a). Effect of Different Nitrogen Sources on Vegetative Traits, Grain Yield and Essential Oil Yield of Coriander (*Coriandrum sativum*). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 49(1), 51–65. <https://doi.org/10.1515/cerce-2016-0005>
- Abdollahi, F., Salehi, A., Shahabi, R., & Rahimi, A. (2016b). Effect of Different Nitrogen Sources on Vegetative Traits, Grain Yield and Essential Oil Yield of Coriander (*Coriandrum sativum*). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 49(1), 51–65. <https://doi.org/10.1515/cerce-2016-0005>
- Acimovic, M. (2013). The influence of fertilization on yield of caraway, anise and coriander in organic agriculture. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 58(2), 85–94. <https://doi.org/10.2298/jas1302085a>
- Angeli, K. P., Delazari, F. T., Nick, C., Ferreria, M. G., & da Silva, D. J. H. (2016). Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(5), 415–420.
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2015a). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press.
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2015b). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press.
- CABI (Centro de Biociencia Agrícola Internacional). (2015a). *Coriandrum sativum (cilantro)*. Compendio de Especies Invasoras.
- CABI (Centro de Biociencia Agrícola Internacional). (2015b). *Coriandrum sativum (cilantro)*. Compendio de Especies Invasoras.
- Carrubba, A. (2009). Nitrogen fertilisation in coriander (*Coriandrum sativum* L.): A review and meta-analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 921–926. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3535>
- Carrubba, A. (2014a). Organic and chemical n fertilization on coriander (*coriandrum sativum* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 57, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.030>
- Carrubba, A. (2014b). Organic and chemical n fertilization on coriander (*coriandrum sativum* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 57, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.030>

- Carrubba, A., & Ascolillo, V. (2009a). Effects of organic and chemical N-fertilization on yield and morphobiological features in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Horticulturae*, 826(Table 1), 35–42. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.4>
- Carrubba, A., & Ascolillo, V. (2009b). Effects of organic and chemical N-fertilization on yield and morphobiological features in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Horticulturae*, 826(Table 1), 35–42. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.4>
- Dadiga, A., & Jain, P. K. (2017). Comparison between different fertilization sources, and their combinations on the growth and yield of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Agriculture Update*, 12(8), 2187–2193.
- Echevarría-Hernández, A., Javier Wong-Corral, F., Borboa-Flores, J., Rodríguez-Félix, F., Lizette Del Toro-Sánchez, C., Luís García-Hernández, J., Palacio -Tlahualilo Km, G., Palacio, G., & México, D. (2020). Prolonged release urea powder system with potential use in sustainable agriculture Nota científica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(2), e2489. <https://doi.org/10.19136/era.a7n2.2489>
- Edifarm. (2023). *Agrostemin*. [https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm\\_quickagro/pdfs/productos/AGROSTEMIN-20181017-155130.pdf](https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/AGROSTEMIN-20181017-155130.pdf)
- El-Wahab, A., & Mohamed, A. (2007). Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the production of *Trachyspermum ammi* L (Ajowan) plants under Sinai conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(8), 781–786.
- Erdoğdu, Y., & Esendal, E. (2018). The effects of nitrogen doses on the seed yield and some agronomic characteristics of coriander cultivars. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(1), 95–101.
- FAOSTAT (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2022a). *Cultivos y productos de ganadería*.
- FAOSTAT (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2022b). *Cultivos y productos de ganadería*.
- Fermagri. (2022). *Nitrato de amonio*. [Http://Www.Fermagri.Com/Nitrato-de-Amonio.Html](http://Www.Fermagri.Com/Nitrato-de-Amonio.Html).
- Fertilizers Europe. (2023). *Towards smart agriculture*.
- Freitas, M. S. M., Gonçalves, Y. de S., Lima, T. C., Dos Santos, P. C., Peçanha, D. A., Vieira, M. E., de Carvalho, A. J. C., & Vieira, I. J. C. (2020). Potassium sources and

- doses in coriander fruit production and essential oil content. *Horticultura Brasileira*, 38(3), 268–273. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620200305>
- Ghamarnia, H., & Daichin, S. (2013a). Effect of different water stress regimes on different Coriander (*Coriander sativum* L.) Parameters in a semi-arid climate. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 822–832.
- Ghamarnia, H., & Daichin, S. (2013b). Effect of different water stress regimes on different Coriander (*Coriander sativum* L.) Parameters in a semi-arid climate. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 822–832.
- Gil, A., De la Fuente, E. B., Lenardis, A. E., López Pereira, M., Suárez, S. A., Bandoni, A., Van Baren, C., Di Leo Lira, P., & Ghersa, C. M. (2002). Coriander essential oil composition from two genotypes grown in different environmental conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2870–2877. <https://doi.org/10.1021/jf011128i>
- Guha, T., Gopal, G., Kundu, R., & Mukherjee, A. (2020). Nanocomposites for Delivering Agrochemicals: A Comprehensive Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(12), 3691–3702. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06982>
- Haddad, M. A., Hani, N. B., Al-Tabbal, J., & Al-Fraihat, A. (2016). Effect of different potassium nitrate levels on yield and quality of potato tubers. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 14(1), 101–107. <https://www.researchgate.net/publication/297046143>
- Harisha, C. B., Asangi, H. A., & Singh, R. (2019). Growth, yield, water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum*) affected by irrigation levels and fertigation. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(7), 1167–1172.
- Havlin, J., & Heiniger, R. (2020). Soil fertility management for better crop production. *Agronomy*, 10(9), 1–5. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091349>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta). McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- International Plant Nutrition Institute. (2022a). *Ammonium Nitrate*.
- International Plant Nutrition Institute. (2022b). *Nutrient Source Specifics*.
- International Plant Nutrition Institute. (2023). *Potassium Nitrate*.

- Izgi, M. N. (2020). Effects of nitrogen fertilization on coriander (*Coriandrum sativum* L.): Yield and quality characteristics. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(5), 7323–7336. [https://doi.org/10.15666/aeer/1805\\_73237336](https://doi.org/10.15666/aeer/1805_73237336)
- Johnson, R., Vishwakarma, K., Hossen, S., Kumar, V., Shackira, A. M., Puthur, J. T., Abdi, G., Sarraf, M., & Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 172(1), 56–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>
- Reyes Pérez, J., Luna Murillo, R., Reyes Bermeo, M., Suárez Fernández, G., Ulloa Méndez, C., Rivero Herrada, M., Cabrera Bravo, D., Alvarado Mendoza, A., & González Rodríguez, J. (2016). Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo de la col (*Brassica oleracea* L.). *Biotecnia*, 18(3), 28–32. <http://biotecnia.unison.mx>
- Kale, D., Kahandal, R., Kale, S., Jadhav, D., & Thorat, D. (2017a). Review on Coriander Splitting Machine. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 920–924.
- Kale, D., Kahandal, R., Kale, S., Jadhav, D., & Thorat, D. (2017b). Review on Coriander Splitting Machine. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 920–924.
- Kamrozzaman, M., Ahmed, S., & Quddus, A. (2016). Effect of fertilizer on coriander seed production. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 41(2), 345–352. <https://doi.org/10.3329/bjar.v41i2.28236>
- Kasatkina, A. O., Yesaulko, A. N., Korostylev, S. A., Gromova, N. V., & Voskoboynikov, A. V. (2021). Optimization of coriander nutrition on leached chernozem of Central Caucasus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 624(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012008>
- Kassahun, B. M. (2020). Unleashing the Exploitation of Coriander ( *Coriander sativum* L .) for Biological , Industrial and Pharmaceutical Applications. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 8(6), 552–564. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2020.555>
- Kassu, K. T., Dawit, H. H., Wubengeda, A. Y., Almaz, A. T., & Asrat, M. T. (2018). Yield and yield components of coriander under different sowing dates and seed rates in tropical environment. *Advances in Horticultural Science*, 32(2), 193–203. <https://doi.org/10.13128/ahs-21304>



- Katar, D., Kara, N., & Katar, N. (2016). Yields and quality performances of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes under different ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(1), 79–87. <https://doi.org/10.17557/tjfc.77478>
- Kozera, W., Spychaj-Fabisiak, E., Majcherczak, E., Barczak, B., & Knapowski, T. (2019). Response of coriander to fertilization with nitrogen and boron. *Journal of Elementology*, 24(3), 897–909. <https://doi.org/10.5601/jelem.2018.23.4.1773>
- Kumar, M., Labanya, R., & Joshi, H. C. (2019). Influence of Long-term Chemical fertilizers and Organic Manures on Soil Fertility - A Review. *Universal Journal of Agricultural Research*, 7(5), 177–188. <https://doi.org/10.13189/ujar.2019.070502>
- Kumar, P., Kumar, T., Singh, S., Tuteja, N., Prasad, R., & Singh, J. (2020). Potassium: A Key Modulator for Cell Homeostasis. *Journal of Biotechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.10.018>
- Kumar, R., Balasubramanian, P., Govindaraj, P., & Krishnaveni, T. (2014a). Preliminary studies on phytochemicals and antimicrobial activity of solvent extracts of *Coriandrum sativum* L. roots (Coriander). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(6), 74–78.
- Kumar, R., Balasubramanian, P., Govindaraj, P., & Krishnaveni, T. (2014b). Preliminary studies on phytochemicals and antimicrobial activity of solvent extracts of *Coriandrum sativum* L. roots (Coriander). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(6), 74–78.
- Kumar, R., Sahay, S., Mishra, P. K., & Rashmi, K. (2015a). Effect of nitrogen, phosphorus and potash on Coriander Yield. *Environmental and Ecology*, 34(1), 360–364.
- Kumar, R., Sahay, S., Mishra, P. K., & Rashmi, K. (2015b). Effect of nitrogen, phosphorus and potash on Coriander Yield. *Environmental and Ecology*, 34(1), 360–364.
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., & Bettaieb, T. (2015). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, 103, 9–26. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.03.012>
- Laghari, S. J., Ahmed, N., Mustafabhabhan, G., Hussain, K., Lashari, A. A., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., Hussaintalpur, A. K., Bhutto, T. A., & Wahocho, S. A. (2016). Role of Nitrogen for Plant Growth and Development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209–218.
- Laghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., & Hafeez Laghari, A. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209–218.

- Lokhnade, S. N., Jogdande, N. D., & Thakare, S. S. (2015). Effect of nitrogen and cutting on growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Plant Archives*, *15*(1), 57–59. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2022.00017.4>
- Lozano Fernández, J., Orozco Orozco, L. F., & Montoya Munera, L. F. (2018). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the yield of broccoli cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, *71*(1), 8375–8386. <https://doi.org/10.15446/rfna.v71n1.63058>
- Moosavi, G., Seghatoleslami, M., Ebrahimi, A., Fazeli, M., Jouyban, Z., Branch, B., Branch, B., & Branch, B. (2013). The Effect of Nitrogen Rate and Plant Density on Morphological Traits and Essential Oil Yield of Coriander. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, *3*(2), 95–103.
- Nabi, J., Mushtaq, F., Mushtaq, N., Jabeen, N., & Riyaz, L. (2018). Economic Analysis of Coriander ( *Coriandrum sativum* L .) under Varied Agro Climatic Conditions of Kashmir. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, *6*(3), 739–744.
- Nayak, B. R., Samanta, P. K., Dash, A. K., & Swain, S. K. (2013). Growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as influenced by different levels of farm yard manure , nitrogen and plant spacings. *An Asian Journal of Soil Science*, *8*(2), 198–201.
- Nurzyńska-Wierdak, R. (2013). Does Mineral Fertilization Modify Essential Oil Content and Chemical Composition in Medicinal Plants? *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, *12*(5), 3–16.
- Özyazici, G. (2021a). Influence of organic and inorganic fertilizers on coriander (*Coriandrum sativum* L.) agronomic traits, essential oil and components under semi-arid climate. *Agronomy*, *11*(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy11071427>
- Özyazici, G. (2021b). Influence of organic and inorganic fertilizers on coriander (*Coriandrum sativum* L.) agronomic traits, essential oil and components under semi-arid climate. *Agronomy*, *11*(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy11071427>
- Patil, J. K., Amin, A. U., Tamboli, Y. A., & Patel, U. V. (2020). Growth, Yield Attributes and Yield of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) as Influenced by Weed Management Practices and Nitrogen Levels. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *9*(4), 328–338. <https://doi.org/https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.904.039>
- PEI Analytical Laboratories. (2014). *Urea Fertilizer in Crop Production*. [www.gov.pe.ca/agriculture/labservices](http://www.gov.pe.ca/agriculture/labservices)

- Pooja, P. K. N., & Yadav, H. (2017). Influence of different levels of nitrogen and phosphorus on seed yield and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), 157–160.
- Rashed, N. M., & Darwesh, R. K. (2015a). A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 227–243. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.009>
- Rashed, N. M., & Darwesh, R. K. (2015b). A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 227–243. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.009>
- Roberts, T. L., & Johnston, A. E. (2015). Phosphorus use efficiency and management in agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 105, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.013>
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., & Tandon, H. L. S. (2006). Plant Nutrition for Food Security. A Guide for Integrated Nutrient Management. In *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin*. FAO. <https://doi.org/10.1017/s0014479706394537>
- Sahib, N. G., Anwar, F., Gilani, A. H., Hamid, A. A., Saari, N., & Alkharfy, K. M. (2013). Coriander (*coriandrum sativum* L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals- a review. *Phytotherapy Research*, 27(10), 1439–1456. <https://doi.org/10.1002/ptr.4897>
- Sanwal, R. C., Sharma, Y., Reager, M. L., Dayanand, & Rakesh, S. (2022). Effect of vermicompost, nitrogen and phosphorus on economics of coriander and soil health. *The Pharma Innovation Journal*, 11(1), 1429–1433.
- Sanwal, R. C., Sharma, Y., Singh, A., Reager, M. L., & Dayanand. (2017a). Impact of vermicompost, nitrogen and phosphorus on yield, quality and uptake of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under arid condition. *International Journal of Chemical Studies*, 5(6), 1698–1702.
- Sanwal, R. C., Sharma, Y., Singh, A., Reager, M. L., & Dayanand. (2017b). Impact of vermicompost, nitrogen and phosphorus on yield, quality and uptake of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under arid condition. *International Journal of Chemical Studies*, 5(6), 1698–1702.

- Sarkar, A., Sharangi, A. B., Soujanya, S., & Datta, A. (2020). Seed yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as influenced by seed priming. *Journal of Crop and Weed*, 16(1), 51–55. <https://doi.org/10.22271/09746315.2020.v16.i1.1271>
- Sayed El Habbasha, E., & Mohamed Ibrahim, F. (2015). Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *International Journal Function of Chemical Technology Research*, 8(12), 196–202. <https://www.researchgate.net/publication/297765781>
- Senbayram, M., Gransee, A., Wahle, V., & Thiel, H. (2015). Role of magnesium fertilisers in agriculture: Plant-soil continuum. *Crop and Pasture Science*, 66(12), 1219–1229. <https://doi.org/10.1071/CP15104>
- Sharma, A., & Chetani, R. (2017a). A Review on the Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Plants. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 5(2), 677–680. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.2103>
- Sharma, A., & Chetani, R. (2017b). A Review on the Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Plants. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 5(2), 677–680. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.2103>
- Sharma, A., Naruka, I. S., & Shaktawat, R. P. S. (2016a). Effect of Row Spacing and Nitrogen on Growth and Yield of Coriander ( *Coriandrum sativum* L.). *Journal of Krishi Vigyan*, 5(1), 49. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2016.00032.5>
- Sharma, A., Naruka, I. S., & Shaktawat, R. P. S. (2016b). Effect of Row Spacing and Nitrogen on Growth and Yield of Coriander ( *Coriandrum sativum* L.). *Journal of Krishi Vigyan*, 5(1), 49. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2016.00032.5>
- Sharma, R. P., Singh, R. S., Verma, T. P., Tailor, B. L., Sharma, S. S., & Singh, S. K. (2014). Coriander the Taste of Vegetables: Present and Future Prospectus for Coriander Seed Production in Southeast Rajasthan. *Economic Affairs*, 59(3), 345. <https://doi.org/10.5958/0976-4666.2014.00003.5>
- Singh, H., Singh, S., & Panghal, V. P. S. (2018a). Effect of Irrigation and Fertilization on Growth and Yield in Coriander: A Review. *Agricultural Reviews*, 1, 4–7. <https://doi.org/10.18805/ag.r-1816>
- Singh, H., Singh, S., & Panghal, V. P. S. (2018b). Effect of Irrigation and Fertilization on Growth and Yield in Coriander: A Review. *Agricultural Reviews*, 1, 4–7. <https://doi.org/10.18805/ag.r-1816>
- Singh, N., & Kaur, A. (2022). Effect of nitrogen and cutting on growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Krishi Vigyan*, 10(2), 98–100. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2022.00017.4>

- Sobhani, Z., Mohtashami, L., Amiri, M. S., Ramezani, M., Emami, S. A., & Simal-Gandara, J. (2022a). Ethnobotanical and phytochemical aspects of the edible herb *Coriandrum sativum* L. *Journal of Food Science*, *87*(4), 1386–1422. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16085>
- Sobhani, Z., Mohtashami, L., Amiri, M. S., Ramezani, M., Emami, S. A., & Simal-Gandara, J. (2022b). Ethnobotanical and phytochemical aspects of the edible herb *Coriandrum sativum* L. *Journal of Food Science*, *87*(4), 1386–1422. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16085>
- SQM. (2023). *Get to KNO<sub>3</sub>W Potassium Nitrate*.
- Szempliński, W., & Nowak, J. (2015a). Fertilización nitrogenada versus rendimiento y calidad de frutos de cilantro ( *Coriandrum sativum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, *14*(3), 37–50.
- Szempliński, W., & Nowak, J. (2015b). Fertilización nitrogenada versus rendimiento y calidad de frutos de cilantro ( *Coriandrum sativum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, *14*(3), 37–50.
- Szempliński, W., Nowak, J., & Jankowski, K. J. (2018). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) response to different levels of agronomic factors in Poland. *Industrial Crops and Products*, *122*(June), 456–464. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.025>
- Szulc, P., Barłóg, P., Ambrozy-Deregowska, K., Mejza, I., & Kobus-Cisowska, J. (2020). In-soil application of np mineral fertilizer as a method of improving nitrogen yielding efficiency. *Agronomy*, *10*, 1–13.
- Takele, L., Chimdi, A., & Abebaw, A. (2015). Socio-economic Factors Affecting Soil Fertility Management Practices in Gindeberet Area, Western Ethiopia. *Science, Technology and Arts Research Journal*, *4*(1), 149–153. <https://doi.org/10.4314/star.v4i1.25>
- Tituaña, E., Cayambe, J., Vera, P., & Heredia, M. (2019). Efectividad de sedimentos de la laguna de Colta como abono orgánico para la recuperación de suelos en el cultivo de cilantro. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, *2*(3), 179–185. <https://doi.org/10.46380/rias.v2i3.65>
- Torres-Bazurto, J., Magnitskiy, S., & Sánchez, J. D. (2019). Effect of fertilization with N on height, number of leaves, and leaf area in banana (*Musa* AAA Simmonds, cv. Williams). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *13*(1), 9–17. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i1.8440>

- Wei, J. N., Liu, Z. H., Zhao, Y. P., Zhao, L. L., Xue, T. K., & Lan, Q. K. (2019a). Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 286(January), 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.171>
- Wei, J. N., Liu, Z. H., Zhao, Y. P., Zhao, L. L., Xue, T. K., & Lan, Q. K. (2019b). Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 286(January), 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.171>
- WITS, W. I. T. S. (2022). *World Integrated Trade Solution*. Spices; Coriander Seeds Exports by Country in 2019.
- Yaldiz, G., & Çamlıca, M. t. (2017). Evaluation of yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum*) in Turkey and world. *International Congress on Medicinal and Aromatic Plants*, 557–566.
- Yeganehpour, F., Zehtab-salmasi, S., & Sawicka, B. (2021). Effect of drought stress, fertilizer chemical and biofertilizer and salicylic acid on some traits of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *1st National Conference on The Application of Advanced Chemical and Agricultural Research for Development of Medicinal Plant, June*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18450.58564>
- Yousuf, M. N., Brahma, S., Kamal, M. M., Akter, S., & Chowdhury, M. E. K. (2014). Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and sulphur on the growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(2), 303–309. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2022.00017.4>

## 5.4. ANEXOS

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt: ABM-110322 Pág 2/2

| INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS                |              |
|---|--------------|
| Tipo de Muestra:                          | Suelo        |
| Cultivo:                                  | Cilantro     |
| Número de Muestra:                        | # 1          |
| Información Proporcionada por el Cliente: | Edisson Cuví |

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

| Análisis                    | Unidad  | *Método de Extracción | *Niveles Adecuadas para Hierbas Aromáticas - Cultivos Intensivos | Resultado                            |   |
|-----------------------------|---|-----------------------|--|--------------------------------------|---|
| Características del Suelo   | Materia Orgánica                                | %                     | -  | 4 - 8                                | 5,7   |
|                             | Textura   | -                     | -  | *arena franca* hasta *franca limosa* | franca  |
|                             | Fracción de Partículas                          | %                     | -  | -                                    | Arena: 33 % - Limo: 49 % - Arcilla: 18 %          |
|                             | % de Saturación de Bases                        | %                     | -  | > 65                                 | 100 % (Calificación: muy rico en bases, saturado) |
|                             | Distribución de las Bases en el % de Saturación | %                     | -  | -                                    | Ca: 74 % - Mg: 20 % - K: 4 % - Na: 2 %            |
|                             | **Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC      | meq/100g              | -  | > 15                                 | 19,1  |
|                             | Conductividad (CE)                              | mS/cm                 | Vol. 1:2   | 0,5 - 1,0                            | 0,35  |
|                             | pH (en H <sub>2</sub> O)                        | -                     | Vol. 1:2   | -                                    | 8,4   |
|                             | pH (en KCl)                                     | -                     | Vol. 1:2   | 5,8 - 7,0                            | 7,2   |
| Macronutrientes             | Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)                    | mg/kg                 | Extracto Agua  | -                                    | 23,7  |
|                             | Amonio (NH <sub>4</sub> -N)                     | mg/kg                 | NaCl 0.05 M  | -                                    | 4,8   |
|                             | (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N           | mg/kg                 | -  | 30 - 45                              | 28,5  |
|                             | Fósforo (P)                                     | mg/kg                 | NaHCO <sub>3</sub> 0.5M  | 25 - 40                              | 160   |
|                             | Potasio (K)                                     | mg/kg                 | NaCl 0.05 M  | 100 - 240                            | 152   |
|                             | Magnesio (Mg)                                   | mg/kg                 | NaCl 0.05 M  | 45 - 120                             | 222   |
|                             | Calcio (Ca)                                     | mg/kg                 | NaCl 0.05 M  | 400 - 1000                           | 535   |
| Azúfre (SO <sub>4</sub> -S) | mg/kg   | Extracto Agua         | 10 - 15  | 7,4                                  |   |
| Micronutrientes             | Hierro (Fe)                                     | mg/kg                 | DTPA/CaCl <sub>2</sub>   | 20 - 50                              | 26,8  |
|                             | Manganeso ( Mn)                                 | mg/kg                 | DTPA/CaCl <sub>2</sub>   | 6 - 30                               | 22,1  |
|                             | Cobre (Cu)                                      | mg/kg                 | DTPA/CaCl <sub>2</sub>   | 1,0 - 4,0                            | 8,1   |
|                             | Zinc (Zn)                                       | mg/kg                 | DTPA/CaCl <sub>2</sub>   | 1,2 - 6,0                            | 6,7   |
|                             | Boro (B)  | mg/kg                 | Extracto Agua  | 0,15 - 0,60                          | 0,34  |
| Peligro de Salinidad        | Sodio (Na)                                      | mg/kg                 | Extracto Agua  | < 140                                | 34,5  |
|                             | Cloruro (Cl <sup>-</sup> )                      | mg/kg                 | Extracto Agua  | < 210                                | 12,6  |
|                             | Salas Totales                                   | mg/kg                 | Extracto Agua  | < 2000                               | 291   |

\* Fuente: Soil Science Society of America inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

\*\* CIC-Potencial, utilizando Acetato de Amonio 1M pH= 7,0

- - No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

*Karl Sponagel*

Agrarprojekt S.A.  
Dr. Karl Sponagel  
Director del Laboratorio

Figura 14. Análisis de suelo





**Figura 15.** Aspecto general de las parcelas experimentales antes (A) y después (B) de la siembra.





**Figura 16.** Proceso de preparación de suelo y siembra al voleo.



**Figura 17.** Proceso de aplicación del fertilizante.





**Figura 18.** Toma de la altura de planta.





*Figura 19. Medición de la longitud de raíces.*

# Análisis estadístico

## Altura de planta

Statistix 10,0

5/11/2022; 11:55:20

### Split-plot AOV Table for Altura57

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F     | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|-------|--------|
| Repetició                    | 29  | 352,95  | 12,1706 |       |        |
| Fuente                       | 3   | 151,07  | 50,3583 | 20,30 | 0,0000 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 215,84  | 2,4809  |       |        |
| Dosis                        | 2   | 22,41   | 11,2028 | 4,08  | 0,0181 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 143,15  | 23,8583 | 8,69  | 0,0000 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 637,11  | 2,7462  |       |        |
| Total                        | 359 | 1522,53 |         |       |        |
| Grand Mean                   |     | 6,5639  |         |       |        |
| CV(Repetició*Fuente)         |     | 24,00   |         |       |        |
| CV(Repetició*Fuente*Dosis)   |     | 25,25   |         |       |        |

### Split-plot AOV Table for Altura70

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F    | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|------|--------|
| Repetició                    | 29  | 2650,3  | 91,389  |      |        |
| Fuente                       | 3   | 416,2   | 138,721 | 6,14 | 0,0008 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 1965,9  | 22,597  |      |        |
| Dosis                        | 2   | 127,6   | 63,808  | 3,49 | 0,0323 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 633,2   | 105,527 | 5,76 | 0,0000 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 4247,2  | 18,307  |      |        |
| Total                        | 359 | 10040,4 |         |      |        |
| Grand Mean                   |     | 17,042  |         |      |        |
| CV(Repetició*Fuente)         |     | 27,89   |         |      |        |
| CV(Repetició*Fuente*Dosis)   |     | 25,11   |         |      |        |

### Split-plot AOV Table for Altura90

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F     | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|-------|--------|
| Repetició                    | 29  | 3939,9  | 135,86  |       |        |
| Fuente                       | 3   | 5963,9  | 1987,98 | 28,03 | 0,0000 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 6171,0  | 70,93   |       |        |
| Dosis                        | 2   | 8,1     | 4,05    | 0,06  | 0,9419 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 789,8   | 131,64  | 1,94  | 0,0746 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 15706,0 | 67,70   |       |        |
| Total                        | 359 | 32578,9 |         |       |        |
| Grand Mean                   |     | 42,869  |         |       |        |
| CV(Repetició*Fuente)         |     | 19,65   |         |       |        |
| CV(Repetició*Fuente*Dosis)   |     | 19,19   |         |       |        |

Statistix 10,0

5/11/2022; 11:53:14

### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura57 for Fuente

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 2      | 7,1556 | A                  |
| 3      | 7,0556 | A                  |
| 1      | 6,5222 | A                  |
| 4      | 5,5222 | B                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,2348 |
| Critical Q Value | 4,543 | Critical Value for Comparison | 0,7542 |

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura57 for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 1     | 6,9167 | A                  |
| 2     | 6,3917 | A                  |
| 3     | 6,3833 | A                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,2139 |
| Critical Q Value | 4,133 | Critical Value for Comparison | 0,6252 |

There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura57 for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 2 3          | 8,4000 | A                  |
| 3 1          | 7,4333 | AB                 |
| 1 1          | 7,3000 | AB                 |
| 3 3          | 6,9333 | ABC                |
| 3 2          | 6,8000 | BC                 |
| 1 2          | 6,6667 | BC                 |
| 2 1          | 6,6333 | BC                 |
| 2 2          | 6,4333 | BC                 |
| 4 1          | 6,3000 | BC                 |
| 4 2          | 5,6667 | CD                 |
| 1 3          | 5,6000 | CD                 |
| 4 3          | 4,6000 | D                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,4279 |
| Critical Q Value | 5,278 | Critical Value for Comparison | 1,5968 |

Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF

Comparisons of means for different levels of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,4209 |
| Critical Q Value | 5,351 | Critical Value for Comparison | 1,5926 |

Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura70 for Fuente**

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 2      | 17,922 | A                  |
| 3      | 17,778 | A                  |
| 1      | 17,233 | AB                 |
| 4      | 15,233 | B                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,7086 |
| Critical Q Value | 4,543 | Critical Value for Comparison | 2,2762 |

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura70 for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 1     | 17,883 | A                  |
| 2     | 16,642 | A                  |
| 3     | 16,600 | A                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,5524 |
| Critical Q Value | 4,133 | Critical Value for Comparison | 1,6141 |

There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura70 for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 2 3          | 20,100 | A                  |
| 1 1          | 19,233 | AB                 |
| 3 1          | 18,433 | AB                 |
| 3 3          | 18,033 | AB                 |
| 1 2          | 17,333 | ABC                |
| 4 1          | 17,233 | ABC                |
| 2 2          | 17,033 | ABC                |
| 3 2          | 16,867 | ABC                |
| 2 1          | 16,633 | ABC                |
| 4 2          | 15,333 | BC                 |
| 1 3          | 15,133 | BC                 |
| 4 3          | 13,133 | C                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 1,1047 |
| Critical Q Value | 5,278 | Critical Value for Comparison | 4,1229 |

Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF

Comparisons of means for different levels of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 1,1471 |
| Critical Q Value | 5,367 | Critical Value for Comparison | 4,3535 |

Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura90 for Fuente**

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 2      | 45,544 | A                  |
| 1      | 45,267 | A                  |
| 3      | 44,833 | A                  |
| 4      | 35,833 | B                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 1,2555 |
| Critical Q Value | 4,543 | Critical Value for Comparison | 4,0328 |

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura90 for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 3     | 43,025 | A                  |
| 2     | 42,917 | A                  |
| 1     | 42,667 | A                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 1,0622 |
| Critical Q Value | 4,133 | Critical Value for Comparison | 3,1040 |

There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura90 for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 2 3          | 47,467 | A                  |
| 1 2          | 46,967 | A                  |
| 1 1          | 46,733 | A                  |
| 3 3          | 46,700 | A                  |
| 2 2          | 45,167 | A                  |
| 3 1          | 44,100 | A                  |
| 2 1          | 44,000 | A                  |
| 3 2          | 43,700 | AB                 |
| 1 3          | 42,100 | AB                 |
| 4 1          | 35,833 | B                  |
| 4 2          | 35,833 | B                  |
| 4 3          | 35,833 | B                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 2,1244 |
| Critical Q Value | 5,278 | Critical Value for Comparison | 7,9283 |

Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF

Comparisons of means for different levels of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 2,1413 |
| Critical Q Value | 5,358 | Critical Value for Comparison | 8,1133 |

Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 10,0

5/11/2022; 11:56:03

#### Breakdown for Altura57

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 7,3000 | 1,7050 | 0,3113 | 4,0000  | 10,000  |
| Dosis    | 2     | 6,6667 | 2,0057 | 0,3662 | 4,0000  | 11,000  |
| Dosis    | 3     | 5,6000 | 1,9757 | 0,3607 | 3,0000  | 9,0000  |
| Fuente   | 1     | 6,5222 | 2,0069 | 0,2115 | 3,0000  | 11,000  |
| Dosis    | 1     | 6,6333 | 1,6914 | 0,3088 | 4,0000  | 9,0000  |
| Dosis    | 2     | 6,4333 | 2,0792 | 0,3796 | 3,0000  | 10,000  |
| Dosis    | 3     | 8,4000 | 1,8495 | 0,3377 | 4,0000  | 12,000  |
| Fuente   | 2     | 7,1556 | 2,0604 | 0,2172 | 3,0000  | 12,000  |
| Dosis    | 1     | 7,4333 | 1,8880 | 0,3447 | 5,0000  | 12,000  |
| Dosis    | 2     | 6,8000 | 1,5625 | 0,2853 | 4,0000  | 9,0000  |
| Dosis    | 3     | 6,9333 | 1,8182 | 0,3320 | 4,0000  | 10,000  |
| Fuente   | 3     | 7,0556 | 1,7633 | 0,1859 | 4,0000  | 12,000  |
| Dosis    | 1     | 6,3000 | 1,7050 | 0,3113 | 3,0000  | 9,0000  |
| Dosis    | 2     | 5,6667 | 2,0057 | 0,3662 | 3,0000  | 10,000  |
| Dosis    | 3     | 4,6000 | 1,9757 | 0,3607 | 2,0000  | 8,0000  |
| Fuente   | 4     | 5,5222 | 2,0069 | 0,2115 | 2,0000  | 10,000  |
| Overall  |       | 6,5639 | 2,0594 | 0,1085 | 2,0000  | 12,000  |

Cases Included 360 Missing Cases 0

#### Breakdown for Altura70

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 19,233 | 5,1440 | 0,9392 | 10,000  | 30,000  |
| Dosis    | 2     | 17,333 | 5,2610 | 0,9605 | 10,000  | 30,000  |
| Dosis    | 3     | 15,133 | 5,5939 | 1,0213 | 6,0000  | 26,000  |
| Fuente   | 1     | 17,233 | 5,5385 | 0,5838 | 6,0000  | 30,000  |
| Dosis    | 1     | 16,633 | 4,7813 | 0,8729 | 9,0000  | 25,000  |
| Dosis    | 2     | 17,033 | 6,7235 | 1,2275 | 7,0000  | 30,000  |
| Dosis    | 3     | 20,100 | 4,3814 | 0,7999 | 9,0000  | 28,000  |
| Fuente   | 2     | 17,922 | 5,5551 | 0,5856 | 7,0000  | 30,000  |
| Dosis    | 1     | 18,433 | 3,7937 | 0,6926 | 10,000  | 29,000  |
| Dosis    | 2     | 16,867 | 3,6363 | 0,6639 | 10,000  | 23,000  |
| Dosis    | 3     | 18,033 | 4,4604 | 0,8144 | 10,000  | 27,000  |
| Fuente   | 3     | 17,778 | 3,9909 | 0,4207 | 10,000  | 29,000  |
| Dosis    | 1     | 17,233 | 5,1440 | 0,9392 | 8,0000  | 28,000  |
| Dosis    | 2     | 15,333 | 5,2610 | 0,9605 | 8,0000  | 28,000  |
| Dosis    | 3     | 13,133 | 5,5939 | 1,0213 | 4,0000  | 24,000  |
| Fuente   | 4     | 15,233 | 5,5385 | 0,5838 | 4,0000  | 28,000  |
| Overall  |       | 17,042 | 5,2884 | 0,2787 | 4,0000  | 30,000  |

Cases Included 360 Missing Cases 0

#### Breakdown for Altura90

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 46,733 | 11,004 | 2,0091 | 25,000  | 64,000  |
| Dosis    | 2     | 46,967 | 8,8609 | 1,6178 | 25,000  | 65,000  |
| Dosis    | 3     | 42,100 | 10,453 | 1,9085 | 28,000  | 65,000  |



|         |   |        |        |        |        |        |
|---------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fuente  | 1 | 45,267 | 10,282 | 1,0839 | 25,000 | 65,000 |
| Dosis   | 1 | 44,000 | 7,7504 | 1,4150 | 31,000 | 58,000 |
| Dosis   | 2 | 45,167 | 13,701 | 2,5015 | 23,000 | 66,000 |
| Dosis   | 3 | 47,467 | 9,8497 | 1,7983 | 29,000 | 65,000 |
| Fuente  | 2 | 45,544 | 10,698 | 1,1277 | 23,000 | 66,000 |
| Dosis   | 1 | 44,100 | 7,1984 | 1,3142 | 32,000 | 61,000 |
| Dosis   | 2 | 43,700 | 7,6300 | 1,3930 | 29,000 | 63,000 |
| Dosis   | 3 | 46,700 | 8,7893 | 1,6047 | 30,000 | 62,000 |
| Fuente  | 3 | 44,833 | 7,9256 | 0,8354 | 29,000 | 63,000 |
| Dosis   | 1 | 35,833 | 4,0521 | 0,7398 | 30,000 | 44,000 |
| Dosis   | 2 | 35,833 | 4,0521 | 0,7398 | 30,000 | 44,000 |
| Dosis   | 3 | 35,833 | 4,0521 | 0,7398 | 30,000 | 44,000 |
| Fuente  | 4 | 35,833 | 4,0063 | 0,4223 | 30,000 | 44,000 |
| Overall |   | 42,869 | 9,5262 | 0,5021 | 23,000 | 66,000 |

Cases Included 360 Missing Cases 0

## Largo de raíz, número de pecíolos y peso fresco de planta

Statistix 10,0

5/11/2022; 13:34:59

### Split-plot AOV Table for LargoRaiz

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F     | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|-------|--------|
| Repetició                    | 29  | 165,61  | 5,711   |       |        |
| Fuente                       | 3   | 363,81  | 121,269 | 22,19 | 0,0000 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 475,44  | 5,465   |       |        |
| Dosis                        | 2   | 1,94    | 0,969   | 0,20  | 0,8155 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 46,42   | 7,736   | 1,63  | 0,1399 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 1101,64 | 4,748   |       |        |
| Total                        | 359 | 2154,86 |         |       |        |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Grand Mean                 | 10,869 |
| CV(Repetició*Fuente)       | 21,51  |
| CV(Repetició*Fuente*Dosis) | 20,05  |

### Split-plot AOV Table for Npeciolos

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F     | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|-------|--------|
| Repetició                    | 29  | 65,414  | 2,2557  |       |        |
| Fuente                       | 3   | 74,119  | 24,7065 | 12,71 | 0,0000 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 169,131 | 1,9440  |       |        |
| Dosis                        | 2   | 0,506   | 0,2528  | 0,16  | 0,8547 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 20,272  | 3,3787  | 2,10  | 0,0541 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 373,222 | 1,6087  |       |        |
| Total                        | 359 | 702,664 |         |       |        |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Grand Mean                 | 3,8306 |
| CV(Repetició*Fuente)       | 36,40  |
| CV(Repetició*Fuente*Dosis) | 33,11  |

Statistix 10,0

13/11/2022; 11:58:49

### Split-plot AOV Table for Pesoplant

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F    | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|------|--------|
| Repetició                    | 29  | 4171,1  | 143,832 |      |        |
| Fuente                       | 3   | 1748,5  | 582,832 | 3,86 | 0,0121 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 13137,9 | 151,011 |      |        |
| Dosis                        | 2   | 1066,1  | 533,053 | 7,09 | 0,0010 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 452,2   | 75,371  | 1,00 | 0,4248 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 17453,7 | 75,231  |      |        |
| Total                        | 359 | 38029,5 |         |      |        |

|            |        |
|------------|--------|
| Grand Mean | 21,936 |
|------------|--------|

CV(Repetició\*Fuente) 56,02  
 CV(Repetició\*Fuente\*Dosis) 39,54

**Split-plot AOV Table for Pesosq**

| Source                       | DF  | SS      | MS      | F    | P      |
|------------------------------|-----|---------|---------|------|--------|
| Repetició                    | 29  | 41,698  | 1,4379  |      |        |
| Fuente                       | 3   | 36,312  | 12,1040 | 8,51 | 0,0001 |
| Error Repetició*Fuente       | 87  | 123,797 | 1,4230  |      |        |
| Dosis                        | 2   | 2,608   | 1,3042  | 1,79 | 0,1692 |
| Fuente*Dosis                 | 6   | 12,809  | 2,1349  | 2,93 | 0,0089 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 232 | 168,976 | 0,7283  |      |        |
| Total                        | 359 | 386,200 |         |      |        |

Grand Mean 4,7696  
 CV(Repetició\*Fuente) 25,01  
 CV(Repetició\*Fuente\*Dosis) 17,89

Statistix 10,0 5/11/2022; 13:35:39

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LargoRaiz for Fuente**

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 2      | 11,778 | A                  |
| 1      | 11,300 | A                  |
| 3      | 11,233 | A                  |
| 4      | 9,167  | B                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3485  
 Critical Q Value 4,543 Critical Value for Comparison 1,1194  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LargoRaiz for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 3     | 10,933 | A                  |
| 2     | 10,908 | A                  |
| 1     | 10,767 | A                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2813  
 Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 0,8221  
 There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LargoRaiz for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 2 2          | 12,133 | A                  |
| 3 3          | 12,067 | A                  |
| 1 1          | 11,667 | A                  |
| 2 1          | 11,667 | A                  |
| 2 3          | 11,533 | A                  |
| 1 2          | 11,267 | AB                 |
| 3 2          | 11,067 | AB                 |
| 1 3          | 10,967 | AB                 |
| 3 1          | 10,567 | AB                 |
| 4 1          | 9,167  | B                  |
| 4 2          | 9,167  | B                  |
| 4 3          | 9,167  | B                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente  
 Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,5626  
 Critical Q Value 5,278 Critical Value for Comparison 2,0997  
 Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF

Comparisons of means for different levels of Fuente  
 Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,5766  
 Critical Q Value 5,364 Critical Value for Comparison 2,1869  
 Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Npeciolos for Fuente**

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 1      | 4,1778 | A                  |
| 2      | 4,1667 | A                  |
| 3      | 3,9111 | A                  |
| 4      | 3,0667 | B                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2078  
 Critical Q Value 4,543 Critical Value for Comparison 0,6676

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Npeciolos for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2     | 3,8750 | A                  |
| 3     | 3,8333 | A                  |
| 1     | 3,7833 | A                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1637  
 Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 0,4785

There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Npeciolos for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 1 3          | 4,4667 | A                  |
| 2 2          | 4,4333 | A                  |
| 1 1          | 4,3333 | AB                 |
| 3 2          | 4,2667 | AB                 |
| 2 1          | 4,1667 | AB                 |
| 3 3          | 3,9000 | AB                 |
| 2 3          | 3,9000 | AB                 |
| 1 2          | 3,7333 | AB                 |
| 3 1          | 3,5667 | AB                 |
| 4 1          | 3,0667 | B                  |
| 4 2          | 3,0667 | B                  |
| 4 3          | 3,0667 | B                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3275  
 Critical Q Value 5,278 Critical Value for Comparison 1,2222

Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF  
 Comparisons of means for different levels of Fuente

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3387  
 Critical Q Value 5,366 Critical Value for Comparison 1,2851

Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 10,0 13/11/2022; 11:47:10

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pesoplant for Fuente**

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 1      | 23,578 | A                  |
| 2      | 23,522 | A                  |
| 3      | 22,444 | AB                 |
| 4      | 18,200 | B                  |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,8319  
 Critical Q Value 3,705 Critical Value for Comparison 4,7989

There are 2 groups (A and B) in which the means

are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pesoplant for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 3     | 24,233 | A                  |
| 2     | 21,483 | B                  |
| 1     | 20,092 | B                  |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,1198  
 Critical Q Value 3,314 Critical Value for Comparison 2,6242  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pesoplant for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 2 3          | 27,667 | A                  |
| 1 3          | 26,467 | AB                 |
| 3 3          | 24,600 | AB                 |
| 1 2          | 22,867 | AB                 |
| 3 2          | 22,533 | AB                 |
| 2 2          | 22,333 | AB                 |
| 1 1          | 21,400 | AB                 |
| 2 1          | 20,567 | AB                 |
| 3 1          | 20,200 | AB                 |
| 4 1          | 18,200 | B                  |
| 4 2          | 18,200 | B                  |
| 4 3          | 18,200 | B                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente  
 Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,2395  
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 7,3099  
 Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF

Comparisons of means for different levels of Fuente  
 Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,5883  
 Critical Q Value 4,682 Critical Value for Comparison 8,5690  
 Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pesosq for Fuente**

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 1      | 5,1644 | A                  |
| 2      | 4,9626 | A                  |
| 3      | 4,6132 | AB                 |
| 4      | 4,3384 | B                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1778  
 Critical Q Value 4,543 Critical Value for Comparison 0,5712  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pesosq for Dosis**

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 3     | 4,8881 | A                  |
| 2     | 4,7289 | A                  |
| 1     | 4,6919 | A                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1102  
 Critical Q Value 4,133 Critical Value for Comparison 0,3220  
 There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Pesosq for Fuente\*Dosis**

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 1 1          | 5,4760 | A                  |
| 2 3          | 5,2305 | AB                 |
| 1 3          | 5,1526 | AB                 |
| 2 2          | 5,0496 | AB                 |
| 1 2          | 4,8646 | AB                 |
| 3 3          | 4,8309 | AB                 |
| 3 2          | 4,6631 | AB                 |
| 2 1          | 4,6077 | AB                 |
| 3 1          | 4,3455 | B                  |
| 4 1          | 4,3384 | B                  |
| 4 2          | 4,3384 | B                  |
| 4 3          | 4,3384 | B                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,2204 |
| Critical Q Value | 5,278 | Critical Value for Comparison | 0,8224 |

Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 232 DF  
 Comparisons of means for different levels of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,2530 |
| Critical Q Value | 5,394 | Critical Value for Comparison | 0,9648 |

Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 10,0

5/11/2022; 13:36:24

#### Breakdown for LargoRaiz

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 11,667 | 3,3149 | 0,6052 | 6,0000  | 18,000  |
| Dosis    | 2     | 11,267 | 2,8276 | 0,5162 | 5,0000  | 17,000  |
| Dosis    | 3     | 10,967 | 2,3265 | 0,4248 | 7,0000  | 15,000  |
| Fuente   | 1     | 11,300 | 2,8342 | 0,2987 | 5,0000  | 18,000  |
| Dosis    | 1     | 11,667 | 1,5830 | 0,2890 | 9,0000  | 17,000  |
| Dosis    | 2     | 12,133 | 2,5015 | 0,4567 | 6,0000  | 17,000  |
| Dosis    | 3     | 11,533 | 2,0466 | 0,3737 | 7,0000  | 15,000  |
| Fuente   | 2     | 11,778 | 2,0705 | 0,2183 | 6,0000  | 17,000  |
| Dosis    | 1     | 10,567 | 2,2079 | 0,4031 | 6,0000  | 15,000  |
| Dosis    | 2     | 11,067 | 2,3034 | 0,4205 | 6,0000  | 16,000  |
| Dosis    | 3     | 12,067 | 2,4766 | 0,4522 | 6,0000  | 16,000  |
| Fuente   | 3     | 11,233 | 2,3893 | 0,2519 | 6,0000  | 16,000  |
| Dosis    | 1     | 9,1667 | 1,4641 | 0,2673 | 4,0000  | 11,000  |
| Dosis    | 2     | 9,1667 | 1,4641 | 0,2673 | 4,0000  | 11,000  |
| Dosis    | 3     | 9,1667 | 1,4641 | 0,2673 | 4,0000  | 11,000  |
| Fuente   | 4     | 9,1667 | 1,4476 | 0,1526 | 4,0000  | 11,000  |
| Overall  |       | 10,869 | 2,4500 | 0,1291 | 4,0000  | 18,000  |

Cases Included 360 Missing Cases 0

#### Breakdown for Npeciolos

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 4,3333 | 1,4464 | 0,2641 | 2,0000  | 8,0000  |
| Dosis    | 2     | 3,7333 | 0,7849 | 0,1433 | 2,0000  | 5,0000  |
| Dosis    | 3     | 4,4667 | 2,0965 | 0,3828 | 2,0000  | 12,000  |
| Fuente   | 1     | 4,1778 | 1,5548 | 0,1639 | 2,0000  | 12,000  |
| Dosis    | 1     | 4,1667 | 1,5992 | 0,2920 | 2,0000  | 10,000  |
| Dosis    | 2     | 4,4333 | 1,9945 | 0,3642 | 3,0000  | 9,0000  |
| Dosis    | 3     | 3,9000 | 1,1847 | 0,2163 | 2,0000  | 7,0000  |
| Fuente   | 2     | 4,1667 | 1,6232 | 0,1711 | 2,0000  | 10,000  |
| Dosis    | 1     | 3,5667 | 0,7739 | 0,1413 | 2,0000  | 5,0000  |
| Dosis    | 2     | 4,2667 | 1,4606 | 0,2667 | 2,0000  | 8,0000  |
| Dosis    | 3     | 3,9000 | 1,1552 | 0,2109 | 2,0000  | 7,0000  |
| Fuente   | 3     | 3,9111 | 1,1865 | 0,1251 | 2,0000  | 8,0000  |
| Dosis    | 1     | 3,0667 | 0,7849 | 0,1433 | 2,0000  | 5,0000  |

|         |   |        |        |        |        |        |
|---------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dosis   | 2 | 3,0667 | 0,7849 | 0,1433 | 2,0000 | 5,0000 |
| Dosis   | 3 | 3,0667 | 0,7849 | 0,1433 | 2,0000 | 5,0000 |
| Fuente  | 4 | 3,0667 | 0,7760 | 0,0818 | 2,0000 | 5,0000 |
| Overall |   | 3,8306 | 1,3990 | 0,0737 | 2,0000 | 12,000 |

Cases Included 360 Missing Cases 0

#### Breakdown for Pesoplant

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 29,567 | 12,613 | 2,3028 | 16,000  | 60,000  |
| Dosis    | 2     | 22,867 | 8,9007 | 1,6250 | 13,000  | 45,000  |
| Dosis    | 3     | 26,467 | 15,030 | 2,7442 | 11,000  | 86,000  |
| Fuente   | 1     | 26,300 | 12,603 | 1,3285 | 11,000  | 86,000  |
| Dosis    | 1     | 21,567 | 14,987 | 2,7362 | 10,000  | 61,000  |
| Dosis    | 2     | 25,333 | 13,548 | 2,4735 | 10,000  | 73,000  |
| Dosis    | 3     | 27,000 | 12,548 | 2,2909 | 10,000  | 66,000  |
| Fuente   | 2     | 24,633 | 13,766 | 1,4511 | 10,000  | 73,000  |
| Dosis    | 1     | 17,767 | 5,6244 | 1,0269 | 10,000  | 31,000  |
| Dosis    | 2     | 20,867 | 7,9034 | 1,4430 | 11,000  | 41,000  |
| Dosis    | 3     | 22,933 | 11,507 | 2,1009 | 10,000  | 54,000  |
| Fuente   | 3     | 20,522 | 8,8524 | 0,9331 | 10,000  | 54,000  |
| Dosis    | 1     | 17,833 | 5,9195 | 1,0807 | 5,0000  | 27,000  |
| Dosis    | 2     | 17,833 | 5,9195 | 1,0807 | 5,0000  | 27,000  |
| Dosis    | 3     | 17,833 | 5,9195 | 1,0807 | 5,0000  | 27,000  |
| Fuente   | 4     | 17,833 | 5,8526 | 0,6169 | 5,0000  | 27,000  |
| Overall  |       | 22,322 | 11,200 | 0,5903 | 5,0000  | 86,000  |

Cases Included 360 Missing Cases 0

#### Breakdown for Pesosq

| Variable | Level | Mean   | SD     | SE     | Minimum | Maximum |
|----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Dosis    | 1     | 5,4760 | 1,0573 | 0,1930 | 4,1833  | 7,8422  |
| Dosis    | 2     | 4,8646 | 0,8525 | 0,1556 | 3,8079  | 6,8191  |
| Dosis    | 3     | 5,1526 | 1,2109 | 0,2211 | 3,5355  | 9,3541  |
| Fuente   | 1     | 5,1644 | 1,0686 | 0,1126 | 3,5355  | 9,3541  |
| Dosis    | 1     | 4,6077 | 1,3782 | 0,2516 | 3,3912  | 7,9057  |
| Dosis    | 2     | 5,0496 | 1,1753 | 0,2146 | 3,3912  | 8,6313  |
| Dosis    | 3     | 5,2305 | 1,0870 | 0,1985 | 3,3912  | 8,2158  |
| Fuente   | 2     | 4,9626 | 1,2342 | 0,1301 | 3,3912  | 8,6313  |
| Dosis    | 1     | 4,3455 | 0,6294 | 0,1149 | 3,3912  | 5,7009  |
| Dosis    | 2     | 4,6631 | 0,8025 | 0,1465 | 3,5355  | 6,5192  |
| Dosis    | 3     | 4,8309 | 1,0646 | 0,1944 | 3,3912  | 7,4498  |
| Fuente   | 3     | 4,6132 | 0,8656 | 0,0912 | 3,3912  | 7,4498  |
| Dosis    | 1     | 4,3384 | 0,7273 | 0,1328 | 2,5495  | 5,3385  |
| Dosis    | 2     | 4,3384 | 0,7273 | 0,1328 | 2,5495  | 5,3385  |
| Dosis    | 3     | 4,3384 | 0,7273 | 0,1328 | 2,5495  | 5,3385  |
| Fuente   | 4     | 4,3384 | 0,7191 | 0,0758 | 2,5495  | 5,3385  |
| Overall  |       | 4,7696 | 1,0372 | 0,0547 | 2,5495  | 9,3541  |

Cases Included 360 Missing Cases 0

## Número de días a la cosecha

Statistix 10,0

5/11/2022; 19:42:17

#### Split-plot AOV Table for Dias

| Source    | DF | SS      | MS      | F     | P      |
|-----------|----|---------|---------|-------|--------|
| Repetició | 2  | 0,167   | 0,0833  |       |        |
| Fuente    | 3  | 176,972 | 58,9907 | 42,76 | 0,0002 |

|                              |    |         |        |      |        |
|------------------------------|----|---------|--------|------|--------|
| Error Repetició*Fuente       | 6  | 8,278   | 1,3796 |      |        |
| Dosis                        | 2  | 9,500   | 4,7500 | 2,31 | 0,1313 |
| Fuente*Dosis                 | 6  | 30,944  | 5,1574 | 2,51 | 0,0662 |
| Error Repetició*Fuente*Dosis | 16 | 32,889  | 2,0556 |      |        |
| Total                        | 35 | 258,750 |        |      |        |
| Grand Mean                   |    | 94,250  |        |      |        |
| CV(Repetició*Fuente)         |    | 1,25    |        |      |        |
| CV(Repetició*Fuente*Dosis)   |    | 1,52    |        |      |        |

Statistix 10,0

5/11/2022; 18:26:55

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias for Fuente

| Fuente | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------|--------|--------------------|
| 3      | 97,333 | A                  |
| 4      | 95,333 | A                  |
| 1      | 92,556 | B                  |
| 2      | 91,778 | B                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,5537 |
| Critical Q Value | 7,044 | Critical Value for Comparison | 2,7578 |

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias for Dosis

| Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 3     | 94,917 | A                  |
| 2     | 94,167 | A                  |
| 1     | 93,667 | A                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,5853 |
| Critical Q Value | 4,764 | Critical Value for Comparison | 1,9715 |

There are no significant pairwise differences among the means.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias for Fuente\*Dosis

| Fuente Dosis | Mean   | Homogeneous Groups |
|--------------|--------|--------------------|
| 3 3          | 98,667 | A                  |
| 3 2          | 98,000 | AB                 |
| 3 1          | 95,333 | ABC                |
| 4 1          | 95,333 | ABC                |
| 4 2          | 95,333 | ABC                |
| 4 3          | 95,333 | ABC                |
| 1 3          | 94,000 | ABC                |
| 2 1          | 93,000 | ABC                |
| 1 2          | 92,667 | BC                 |
| 2 3          | 91,667 | C                  |
| 1 1          | 91,000 | C                  |
| 2 2          | 90,667 | C                  |

Comparisons of means for the same level of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 1,1706 |
| Critical Q Value | 6,559 | Critical Value for Comparison | 5,4291 |

Error term used: Repetició\*Fuente\*Dosis, 16 DF

Comparisons of means for different levels of Fuente

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 1,1046 |
| Critical Q Value | 7,266 | Critical Value for Comparison | 5,6753 |

Error terms used: Repetició\*Fuente and Repetició\*Fuente\*Dosis

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 10,0

5/11/2022; 19:42:33

#### Breakdown for Dias

| <b>Variable</b> | <b>Level</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>SE</b> | <b>Minimum</b> | <b>Maximum</b> |
|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Dosis           | 1            | 91,000      | 1,7321    | 1,0000    | 90,000         | 93,000         |
| Dosis           | 2            | 92,667      | 2,5166    | 1,4530    | 90,000         | 95,000         |
| Dosis           | 3            | 94,000      | 1,7321    | 1,0000    | 92,000         | 95,000         |
| Fuente          | 1            | 92,556      | 2,1858    | 0,7286    | 90,000         | 95,000         |
| Dosis           | 1            | 93,000      | 1,7321    | 1,0000    | 92,000         | 95,000         |
| Dosis           | 2            | 90,667      | 1,1547    | 0,6667    | 90,000         | 92,000         |
| Dosis           | 3            | 91,667      | 1,5275    | 0,8819    | 90,000         | 93,000         |
| Fuente          | 2            | 91,778      | 1,6415    | 0,5472    | 90,000         | 95,000         |
| Dosis           | 1            | 95,333      | 0,5774    | 0,3333    | 95,000         | 96,000         |
| Dosis           | 2            | 98,000      | 0,0000    | 0,0000    | 98,000         | 98,000         |
| Dosis           | 3            | 98,667      | 0,5774    | 0,3333    | 98,000         | 99,000         |
| Fuente          | 3            | 97,333      | 1,5811    | 0,5270    | 95,000         | 99,000         |
| Dosis           | 1            | 95,333      | 0,5774    | 0,3333    | 95,000         | 96,000         |
| Dosis           | 2            | 95,333      | 0,5774    | 0,3333    | 95,000         | 96,000         |
| Dosis           | 3            | 95,333      | 0,5774    | 0,3333    | 95,000         | 96,000         |
| Fuente          | 4            | 95,333      | 0,5000    | 0,1667    | 95,000         | 96,000         |
| Overall         |              | 94,250      | 2,7190    | 0,4532    | 90,000         | 99,000         |

Cases Included 36 Missing Cases 0