



# **PROPIEDADES FÍSICAS DE NIDOS DE *ACROMYRMEX RUGOSUS***

Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *ZEA MAYS L.*

Alexy Flórez Vergara - José Roberto Díaz Mercado  
Miguel Ángel Ibarra Montes - Leidy García Correa  
Rafael Olivero Verbel

# **PROPIEDADES FÍSICAS DE NIDOS DE *ACROMYRMEX RUGOSUS***

Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *ZEAMAYS L.*

Alexy Flórez Vergara - José Roberto Díaz Mercado  
Miguel Ángel Ibarra Montes - Leidy García Correa  
Rafael Olivero Verbel



# **PROPIEDADES FÍSICAS DE NIDOS DE *ACROMYRMEX RUGOSUS***

Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *ZEAMAYS L.*

Alexy Flórez Vergara - José Roberto Díaz Mercado  
Miguel Ángel Ibarra Montes - Leidy García Correa  
Rafael Olivero Verbel

Catalogación en la publicación. Universidad del Atlántico. Departamento de Bibliotecas

Flórez Vergara, Alexy

Propiedades físicas de nidos de *Acromyrmex rugosus* y su efecto sobre el crecimiento de *Zea mays* L./ Alexy Flórez Vergara, José Roberto Díaz Mercado, Miguel Ángel Ibarra Montes. -- Barranquilla: Sello Editorial Universidad del Atlántico, 2018.

112 páginas. 17 x 24 cm

Ilustraciones

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-5525-31-3

1. Animales – Investigación experimental – 2. Insectos – Enseñanza. 3. Ecosistemas – Investigaciones. I. Díaz Mercado, José Roberto. II. Ibarra Montes, Miguel Ángel. III. Tit..

CDD: 590.724 F634

## **Propiedades físicas de nidos de *Acromyrmex Rugosus* y su efecto sobre el crecimiento de *Zea Mays* L.**

**Autoría:** Alexy Flórez Vergara • Rafael Olivero Verbel  
José Roberto Díaz Mercado • Miguel Ángel Ibarra Montes •  
Leidy García Correa

Universidad del Atlántico, 2018

### **Edición:**

Sello Editorial Universidad del Atlántico  
Km 7 Vía Puerto Colombia (Atlántico)  
[www.uniatlantico.edu.co](http://www.uniatlantico.edu.co)  
[publicaciones@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:publicaciones@mail.uniatlantico.edu.co)

### **Preparación Editorial:**

Calidad Gráfica S.A.  
Av. Circunvalar Calle 110 No. 6QSN-522  
PBX: 336 8000  
[info@calidadgrafica.com.co](mailto:info@calidadgrafica.com.co)  
Barranquilla, Colombia

### **Publicación Electrónica**

Nota legal: Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros medios conocidos o por conocerse) sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos patrimoniales. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual. La responsabilidad del contenido de este texto corresponde a sus autores.

Depósito legal según Ley 44 de 1993, Decreto 460 del 16 de marzo de 1995, Decreto 2150 de 1995 y Decreto 358 de 2000.

### **Cómo citar este libro:**

Flórez-Vergara, A., Díaz-Mercado, J., Ibarra-Montes, M., Olivero-Verbel, R., García-Correa, L. (2018). *Propiedades Físicas de nidos de *Acromyrmex rugosus* y su efecto sobre el crecimiento de *Zea mays* L.* Editorial Universidad del Atlántico.

# CONTENIDO

---

<b>Introducción</b> .....	13
<b>Resumen</b> .....	17
<b>Objetivos</b> .....	19
Capítulo I	
<b>Ecosistemas con Nidos de <i>Acromyrmex rugosus</i></b> .....	21
Capítulo II	
<b>Metodología de la Investigación</b> .....	41
Capítulo III	
<b>Resultados de la Investigación</b> .....	51
<b>Conclusiones</b> .....	87
<b>Recomendaciones</b> .....	89
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	91
<b>Anexos</b> .....	97
<b>Acerca de los autores</b> .....	111

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

Anexo a. Fotografías del experimento. ....	98
Anexo b. Tablas para la interpretación gráfica de resultados .....	104
Anexo c. Tabla base para acp, matriz de correlaciones .....	106
Anexo d. Resultados pruebas de levene para la altura de la plántula y el área de la hoja.....	107
Anexo e. Prueba de grubbs y gráficas de valores atípicos para las variables de altura de la plántula y longitud del tallo .....	109
Anexo f. Valores críticos para la prueba de grubbs.....	110

# Introducción

---

Para la producción agroindustrial es de suma importancia la conservación del medioambiente, en especial en zonas rurales debido a que están principalmente dedicadas a la producción agrícola, es decir, a la obtención de la materia prima para la producción agroindustrial; ya que sin ellas no habría la gran mayoría de productos agroindustriales que mejoran la calidad de vida de las personas especialmente en el ámbito alimentario. Sin embargo, no es un secreto la afectación ambiental que ha venido sufriendo el planeta, por ejemplo, en el Trópico, el cual representa el 40 % del suelo útil para la especie humana. El bosque seco tropical es uno de los ecosistemas que ha sufrido más degradación y amenazas<sup>1</sup>, ya que se presenta como fragmentos en la mayoría de la zona neo-tropical, mayormente encontrados en paisajes donde impera la agricultura, debido a sus suelos habitualmente fértiles y áreas ganaderas. Por este tipo de fenómenos se hizo necesaria la búsqueda de mejoras para el proceso agrícola; en el caso de esta investigación se buscará mejorar el suelo con el propósito de repercutir positivamente en la productividad de *Zea mays L.*

La degradación del trópico, añadida a la existencia de especies maderables de alta calidad, ha favorecido su fuerte variación<sup>2</sup>;

---

1 MILES, L., NEWTON, A. C., DE FRIES, R. S., RAVILIOUS, C., MAY, I., BLYTH, S., KAPOV, V. & GORDON, J. E. *A global overview of the conservation status of tropical dry forest*. 33. s.l.: Journal of Biogeography, 2006. p. 491-505.

2 FAJARDO, L. V., GONZALES, J. M., NASSAR, P., LACABANA, C. A., PORTI-



situación que se da para el bosque seco tropical colombiano igualmente. Por esto se ha dado un proceso de desertificación, el cual se puede ver en el detrimento de la cobertura vegetal, pérdida del suelo por erosión, simplificación de los rasgos de vegetación comunitarios, perturbaciones del ciclo hidrológico y variabilidades en la dinámica y las características del suelo<sup>3</sup>. La dinámica de los nutrientes puede ser influenciada de manera significativa positivamente a través de procesos ejecutados por la fauna edáfica, donde se destacan las hormigas, como bio-perturbadores de gran importancia para los procesos del suelo y la disponibilidad espacial del recurso trófico<sup>4</sup>.

Las hormigas pueden participar en dichos procesos a través de la elaboración de estructuras biogénicas, rasgo notable que las introduce dentro de los ingenieros del ecosistema. Concretamente, los nidos de hormigas pueden ostentar menor contenido de agua en su suelo, mayor porosidad, abundancia de hongos y bacterias (aunque las poblaciones de Actinomicetos tienden a disminuir) y valores de pH tendientes a la neutralidad en contraste con los suelos circundantes en los ecosistemas de estudio<sup>5</sup>.

---

LLO, Q. F., CARRASQUEL & RODRÍGUEZ, J. P. *Tropical dry forest of venezuela: Characterization and current conservation status*. s.l.: Biotrópica 37, 2005. p. 531-546.

- 3 VELÁZQUEZ, A., MAS, J. F., DÍAZ GALLEGOS, J. R., MAYORGA SAUCEDO, R., ALCÁNTARA, P. C., CASTRO, R., FERNÁNDEZ, T., BOCCO, G., EZCURRA, E., PALACIO, J. L. *Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México*. En: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Enero, 2002. 1(62), p. 21-37.
- 4 JOUQUET, P., DAUBER, J., LAGERLÖF, J., LAVELLE, P., LEPAGE, M., *Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops*. En: Applied Soil Ecology. Julio, 2005. 32, p. 153-164
- 5 FROUZ, J. & JILKOVA, V. *The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae)*. 11. s.l.: Mymecol News, 2008. p. 191-199.

Es sustancial subrayar que, referente al Caribe colombiano, la generación de información con respecto a las consecuencias que ocasionan los nidos de hormigas sobre las propiedades físicas y químicas del suelo es irrisoria y la mayoría se encuentra como literatura gris (tesis e investigaciones no publicadas), reconociendo que el mayor porcentaje de estudios realizados en Colombia están basados en los efectos de los disímiles tratamientos agrícolas sobre las variaciones de fósforo, nitrógeno y carbono en el suelo<sup>6</sup>. Asimismo, se ha apartado la búsqueda de nuevos métodos que no solo disminuyan la pérdida de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, sino que además naturalmente y sin perturbar otras propiedades primordiales, beneficien las concentraciones de nutrientes y propiedades físicas del suelo y su repercusión en el desarrollo de las plantas.

---

6 VALLEJO, V. ARBELIA, Z., TERANB, W., LORENZC, N., DICKC, R. & ROLDANA, F. *Effect of land management and prosopis juliflora (Sw) DC Trees on soil microbial community and enzymatic activitis in intensive silvopastoral systems of Colombia*. 150. s.l.: Agricultura, Ecosystems and Environment, 2012. p. 139-148.



## Resumen

---

Con el presente trabajo se obtuvieron los valores promedios de las variables físicas y químicas en el área de estudio para los nidos de *A. rugosus*. Adicionalmente, se estudió el aporte de información sobre cómo el suelo de las estructuras biogénicas de esta hormiga favoreció el crecimiento de maíz, es decir, *Zea mays* L., reconociendo de esta manera que aportan una variedad de nutrientes al suelo. Para ejecutar la investigación se ubicaron diez nidos aleatoriamente, caracterizados en función de su área total externa (m<sup>2</sup>); se tomaron muestras de suelo y se le realizaron análisis químicos y físicos *In Vitro*, los parámetros físicos que se analizaron fueron humedad de suelo, temperatura y humedad ambiente y textura del suelo. En cuanto a los parámetros químicos se determinó: pH del suelo, Materia Orgánica, Carbono Orgánico, Fósforo, Calcio, Magnesio, Potasio, Capacidad de Intercambio Catiónico y Nitrógeno. Con respecto al crecimiento de *Zea mays* L., los ensayos para el análisis de crecimiento se realizaron en campo abierto en la zona de cultivo; las semillas empleadas de maíz fueron de la variedad ICA-V-156 (maíz blanco) certificadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) creada para clima cálido especialmente para la costa Atlántica. Las características morfométricas tomadas en cuenta para evaluar la dinámica de crecimiento de maíz en los diferentes tratamientos fueron: número de nudos por semana, altura de la plántula, área, tasa de avistamiento de hojas, y tasa

de elongación del tallo. Para el tratamiento estadístico, se hicieron análisis descriptivos. Para evaluar la posible existencia de diferencias entre los tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia  $\alpha < 0.05$ . Para todo el procedimiento se emplearon los *software* estadísticos PAST 3.14, RGui (32-bit), SPSS y Minitab 17; estos dos últimos en su versión demo gratuito de 30 días. Esta información actualizada puede ser empleada como referencia para futuras investigaciones en el departamento.

**Palabras clave:** *A. rugosus*, *Zea mays* L., estructuras biogénicas, características físicas, parámetros químicos, características morfométricas.

## Objetivos

---

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la variación de las propiedades físicas del suelo de las estructuras biogénicas de *A. rugosus* y su posible efecto en el crecimiento de *Zea mays* L. en el departamento del Atlántico, Colombia.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener los valores promedios de las variables físicas (humedad del suelo, temperatura ambiente, humedad ambiente y textura del suelo) en la zona de estudio para los nidos de *A. rugosus*.
- Establecer los valores de las características químicas para cada muestra de suelo extraída de los nidos y de las cercanías de estos para evaluar la repercusión que tienen en el crecimiento de *Zea mays* L.
- Evaluar la dinámica de crecimiento de *Zea mays* L. con distintas características morfométricas en los diferentes tratamientos.



## Capítulo I

**ECOSISTEMAS CON NIDOS  
DE *ACROMYRMEX RUGOSUS***

---

**MARCO REFERENCIAL****Antecedentes**

En los ecosistemas, tanto naturales como aquellos que han sido intervenidos por las actividades humanas, los invertebrados del suelo tales como las lombrices, termitas y hormigas juegan un rol fundamental como transformadores de la materia. Las hormigas se destacan por su extensa distribución y sociabilidad, contando con funciones biológicas muy importantes dentro de los ambientes terrestres, como la construcción de sus nidos y el cultivo de hongos en el interior de estos. Estas actividades pueden causar bioperturbaciones que afectan la dinámica de los ecosistemas, principalmente en sus suelos.

Meriño, *et al.*, (2014) pertenecientes al programa de biología de la Universidad del Atlántico, en el 2014, estudiaron la biomasa y actividad microbiana de suelos de nidos de *Acromyrmex rugosus* en la reserva campesina La Montaña, Atlántico; de esto se estableció la no existencia de discrepancias importantes entre la biomasa y actividad microbiana de los nidos de *Acromyrmex rugosus* al realizarse una comparación con los suelos adyacentes,



pero esto fue atribuido a la posibilidad de que los nidos utilizados fuesen jóvenes, ya que al existir “poco tiempo de trabajo” de las hormigas sobre el suelo, sus posibles efectos plasmados en diferencias se vean reducidos notablemente. Lo anterior es apoyado por trabajos investigativos precedentes, como Whitford et al<sup>1</sup>., en 2012, en la cual tampoco fueron encontradas discrepancias entre los suelos con nidos de estas hormigas y los suelos adyacentes en un ecosistema seco, y la investigación de Whitford et al<sup>2</sup>, en 2008, en donde se proyectó que la variabilidad en las propiedades de las estructuras biogénicas es debida a la actividad de las hormigas, y en su mayoría, estos cambios se ven aumentados en correlación con el tiempo de establecimiento de estas estructuras.

Frouz y Jilkova<sup>3</sup>, en el 2008, investigaron los efectos de las hormigas sobre las propiedades del suelo y sus procesos, estudiando especies en países como Rusia, Polonia, Australia y Estados Unidos, determinando que las hormigas, al realizar sus funciones biológicas tales como la construcción y mantenimiento de sus nidos son capaces de generar en el suelo cambios como el aumento de la porosidad y la capacidad de drenaje, el incremento de nutrientes como nitrógeno y potasio, la constante actividad microbiana necesaria para el tratamiento de la materia orgánica recolectada en sus nidos y además de mantener en el suelo un pH tendiente a la neutralidad.

- 1 WHITFORD, W., GINZBURG, O., BERG, N. & STEINBERGER, Y. Do long-lived ants affect soil microbial communities? *Biology and Fertility of Soils*, febrero de 2012. 48, 227-233.
- 2 WHITFORD, W., BARNES, G. & STEINBERGER, Y. Effects of three species of Chihuahuan desert ants on annual plants and soil properties. *Journal of Arid Environments*, abril de 2008. 72(4), 392-400.
- 3 FROUZ, J. & JILKOVA, V. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). *Mymecol News*, 2008. 191-199.

Respecto a las estructuras biogénicas, consecuencia de los procesos del conjunto de especies animales del suelo, los trabajos investigativos se han centrado esencialmente en el análisis de efectos probables que se puedan dar sobre los nutrientes. En el 2006, Lavelle, et al.<sup>4</sup>, analizaron el rol de los invertebrados del suelo como ingenieros del ecosistema mediante el estudio del complemento funcional de las estructuras biogénicas derivadas de las lombrices de tierra, termitas y hormigas en las sabanas neotropicales estableciéndose que la producción de diversas biósferas o estructuras biogénicas por parte de los ingenieros de los ecosistemas puede emanar una regulación de los procesos del suelo a través de perfiles enzimáticos específicos eficientemente.

La información que se tiene referenciada de las hormigas del género *Acromyrmex* proviene exclusivamente del neotrópico por la repartición de este conjunto de insectos. Brasil es uno de los países que lleva la delantera en cuanto a la investigación de este tipo de hormigas, dirigiendo sus trabajos investigativos hacia los efectos originados por estas hormigas sobre la dinámica natural del medio donde estas se desarrollan.

El aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de la descomposición de la materia orgánica en los nidos de las hormigas podadoras en el ambiente costero de Brasil fue evaluado por Sousa-soto, et al.<sup>5</sup>, en 2011. Los resultados mostraron que los nidos de *Acromyrmex*

---

4 LAVELLE, P., DECÄENS, T., AUBERS, M., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MORA, P. & ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, november 2006. 42, 3-15.

5 SOUSA-SOTO, L., DE JESUS, D., AMBROGI, B., DOS SANTOS, M., BRAGA, M., RODRIGUES, E. Increased CO<sub>2</sub> emission and organic matter decomposition by leaf-cutting ant nests in a coastal environment. *Soil Biology & Biochemistry*, septiembere de 2011. 44, 21-25.

*balzani* emiten cuatro veces más CO<sub>2</sub> que el suelo circundante; dichas emisiones estaban positivamente correlacionadas con la humedad y el contenido de materia orgánica del suelo el cual era mucho mayor que en los suelos adyacentes.

Una de las características particulares de las especies de hormigas conocidas como podadoras o forrajeras, dentro de las cuales encontramos a las del género *Acromyrmex spp*, es su relación simbiótica con diversas especies de hongos y bacterias, las cuales también juegan un papel en los procesos de bioperturbación del suelo. Sapountzi et al.<sup>6</sup>, en el 2015, caracterizaron la flora intestinal en varias especies de *Acromyrmex* autóctonas de Panamá y se encontraron únicamente cuatro tipos de bacterias, una de las cuales corresponde a los *Rhizobium*, que se caracterizan por producir proteínas NifH (enzimas) asociadas con la fijación de nitrógeno atmosférico. Estos microorganismos alivian las restricciones nutricionales de la dieta de hongos criados exclusivamente de sustrato de las hojas, beneficiando, además a los procesos de nitrificación del suelo.

Abril y Bucher<sup>7</sup>, en el 2003 estudiaron las fuentes nutricionales de los hongos cultivados por las hormigas podadoras en Córdoba, Argentina; encontraron que los hongos tienen el comportamiento aparente de un típico organismo basidiomiceto funcionalmente similar a las micorrizas. Este comportamiento implica una gran demanda de vegetación para el cultivo de

---

6 SAPOUNTZIS, P., ZHUKOVA, M., HANSEN, L., H. SØRENSEN, S. J. SCHIØTT, M., BOOMSMA, J. *Acromyrmex* Leaf-Cutting Ants Have Simple Gut Microbiota with Nitrogen-Fixing Potential. En *Applied and Environmental Microbiology*. junio, 2015. Vol 81, p. 5527-5537.

7 ABRIL, A. B., BUCHER, E. H. Nutritional sources of the fungus cultured by leaf-cutting ants. En: *Applied Soil Ecology*. diciembre, 2003. Vol 26, p. 243-247.

los hongos que es la principal característica por la que estas hormigas pueden llegar a ser consideradas plagas en la agricultura; por otro lado, se puede apreciar una degradación parcial o incompleta por parte de los hongos que se evidencia en los desechos ricos en materia orgánica expulsados por las hormigas. Esto favorece el desarrollo de nuevas cadenas tróficas y los cambios en las características del suelo.

Respecto al impacto generado por las transformaciones en el suelo sobre las cadenas tróficas, la biodiversidad y las condiciones de crecimiento de la vegetación, se tienen diversos estudios en la Patagonia, Argentina. En el año 1999, Fargi-brener y Ghermandi<sup>8</sup>, estudiaron la influencia de las hormigas cortadoras de hojas en diversas especies de plantas evaluando los efectos de la *Acromyrmex lobicornis* en las propiedades físicas y químicas del suelo y su efecto en la diversidad de la vegetación. Al evaluar el contenido de nitrógeno, fósforo, materia orgánica, humedad y textura de los suelos de los nidos encontraron que estos tienen mayor contenido de nutrientes que los suelos sin presencia de nidos; además, se encontró una mayor diversidad de especies de plantas en los suelos cercanos a los nidos comprobando que los cambios edifáticos causados por los nidos generan condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación.

También, en el año 2008, las perturbaciones a pequeña escala en la cadena trófica de los nidos de hormigas podadoras, plantas (varias especies de cardo) y áfidos, fueron estudiadas por Far-

---

<sup>8</sup> FARGI-BRENER, A. G. GHERMANDI, L. Influence of nests of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. En: Journal of vegetation science. diciembre, 1999. Vol 11, p. 453-460.

ji-Brener et al.<sup>9</sup> evaluando cómo la alta disponibilidad nutritiva generada por los nidos de la hormiga *Acromyrmex lobicornis* puede esparcirse a lo largo de la cadena trófica afectando a las plantas de cardo y a la abundancia de áfidos (insectos plaga). Ellos determinaron que las plantas de cardo que crecieron cerca de las pilas de desechos de los nidos tuvieron más hojas, más inflorescencias y un mayor contenido de nitrógeno foliar que aquellas que crecieron en suelos sin presencia de nidos. Sin embargo, también hubo una mayor presencia de áfidos en las plantas que crecieron en los suelos cercanos a las pilas de desecho demostrando que con la mayor fertilidad de estos suelos se pueden generar perturbaciones en el medio que afectan sus cadenas tróficas.

En el Caribe colombiano el conocimiento acerca de los cambios en los suelos generados por las hormigas en el transcurrir de sus funciones biológicas que pueden favorecer el crecimiento y desarrollo de especies vegetales es inexistente, por lo que se hace necesario la investigación y generación de conocimiento en el medio local y regional en estas áreas de estudio.

## MARCO TEÓRICO

### Origen, distribución y clasificación del género *Acromyrmex*

Las hormigas conforman uno de los grupos de invertebrados más dominantes representativos y ubícuos, con una amplia diversidad de funciones edáficas dentro del hábita terrestre. Efectivamente, su elevada capacidad de sociabilidad, amplitud de

---

9 FARJI-BRENER, A. G., GIANOLI, E., MOLINA-MONTENEGRO, M. A. Small-scale disturbances spread along trophic chains: leaf-cutting ant nests, plants, aphids, and tending ants. En: The Ecological Society of Japan. abril, 2008. Vol 24, p. 139-145

estratos de nidificación, su asociación con variadas especies de flora y fauna<sup>10</sup> y su importante rol como transformadoras de materia y energía tanto en los sistemas naturales como en los intervenidos, las posicionan como un grupo de gran éxito ecológico y extensa localización geográfica. En el hábita tropical y subtropical es donde se evidencia una mayor variabilidad de estas especies<sup>11</sup>.

Las especies de hormigas se encuentran asociadas dentro de la familia *Formicidae* y el orden *Hymenoptera*, que también reúne a otros insectos como las abejas, avispa y avispa sierra<sup>12</sup>. Se les considera una de las herramientas más poderosas y útiles para vigilar cambios en los ecosistemas<sup>13</sup>, debido a su amplia distribución tanto en área como en individuos, especialización, sencillez de muestreo, respuesta a alteraciones ambientales, fidelidad ecológica, valor funcional dentro de un ambiente y estrecha asociación con otros seres vivos, así como al conocimiento taxonómico de la especie. Todos estos elementos hacen de estos insectos el mejor grupo indicador<sup>14</sup>, principalmente en estudios que involucran procesos de perturbación<sup>15</sup>.

---

10 WILSON, E. O. The insect societies. Cambridge, Massachusetts: Harvard University, 1971. p.548.

11 BAENA, M. L. y ALBERICO, M. Relaciones biogeográficas de las hormigas de la isla Gorgona. s.l.: Revista Colombiana de Entomología 17, 1991. p. 24-31.

12 BOLTON, B. Taxonomy of the dolichoderine ant genus *technomymex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) based on the worker caste. s.l.: Contributions of the American Entomological Institute 35, 2007. p.1-150.

13 ALONSO, L. E. Ants as indicators of diversity. En: Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Agosti, D., Majer, J., Alonso, L. & Shultz, T. (eds). Smithsonian Institution Press, 2000. p. 304.

14 MAJER, J. D. Ants: Bio-indicators of minesite rehabilitation, land use and land conservation. s.l.: Environmental Management 7, 1983. p. 375-383.

15 ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. D. Ants show the way DownUnder: Invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and Environment* 2: 2004. p. 291-298.

Los géneros *Atta* y *Acromyrmex* son conocidos generalmente como hormigas arrieras o cortadoras de hojas, las que se agrupan en la tribu *Attini* (*Hymenoptera*, *Formicidae*), de distribución neártica y neotropical<sup>16</sup>. La amplia distribución en el ecosistema y la abundante cantidad de individuos de la hormiga arriera (*Atta*; *Acromyrmex*) está relacionada con la alteración de ambientes terrestres, ya que es usual hallarlas en zonas que han sido privados de la flora nativa para establecer plantaciones comerciales.

Todas las hormigas de la tribu *Attini* se caracterizan por cultivar cierta clase de hongo del cual ellas se alimentan en una simbiosis mutualista. Sin embargo, las especies se distinguen por determinados aspectos, como tamaño de sus nidos y en el material vegetal que ellas recolectan para el cultivo del hongo, etc. Evolutivamente se distinguen las *Attini* inferiores y las superiores. En las *Attini* inferiores se ha observado que tienen la mayor parte de sus atributos afines con las hormigas no cultivadoras de hongos, de las cuales ellas provienen. Las hormigas arrieras (*Atta* y *Acromyrmex*) son las más recientes (varios millones de años) y se considera que en ellas se consensa la mayor evolución de las capacidades sociales en los insectos. Dentro del género *Acromyrmex* se conocen 23 especies y en Colombia han sido registradas cuatro de ellas: *A. octospinosus*, *A. aspersus*, *A. landolti* y *A. rugosus*<sup>17</sup>. La Figura 1 muestra una fotografía que detalla la anatomía de la hormiga vinculada a los nidos de este experimento.

---

16 CHERRET J. M., POWELL, R. J. & STRADLING, D. J. The mutualism between leaf-cutting ant and their fungus. In: *Insect fungus Interactions*. London: N. N. WILDING, COLLING, M. & WEBBER, J. F. (eds), Academic Press, 1989. p. 93-120.

17 CURRIE, C. R., y otros. Fungus-growing ant use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. s.l.: *Nature* 398, 1999. p. 701-704.



**Figura 1**

Vista aérea de la hormiga *Acromyrmex rugosus*

Fuente: Autores

### **Características de las estructuras biogénicas de *A. rugosus*<sup>18</sup>**

Los nidos de *A. rugosus* se caracterizan por presentar en la superficie del suelo una ausencia de vegetación como resultado de la constante recolección del material vegetal hacia el interior por parte de la misma hormiga. En la época de lluvia, es posible evidenciar montículos en las entradas de los nidos para evitar que se inunden. Dentro de estas estructuras subterráneas hay un conjunto de recámaras donde se distribuyen las colo-

---

<sup>18</sup> MERIÑO, Y. y GARCÍA, L. Biomasa y actividad microbiana de suelos de los nidos de *Acromyrmex rugosus* en la reserva campesina la montaña (RCM, Atlántico, Colombia. Barranquilla: Entomotrópica, Vol. 29. 2014. p. 159-171.



nias de hongos y las crías de hormigas. A medida que el nido madura, los desechos generados en el interior son retirados a ubicaciones conocidas como basureros, ubicados generalmente por las hormigas en las cercanías de las bases de los árboles. Las cámaras que constituyen el nido están conectadas entre sí con la superficie del suelo por túneles que permiten el flujo de las hormigas; dichos túneles pueden llegar directamente a la superficie circundante del nido o a distancias de hasta cientos de metros del nido.

Las hormigas conocidas comúnmente como arrieras o podadoras de hojas, incluidas en las especies de hormigas del género *Atta* y *Acromyrmex* principalmente, son organismos polívoros teniendo en cuenta la cantidad y variedad de especies vegetales que emplean para el cultivo del hongo del que se alimentan; como resultado, puede presentarse un cierto grado de daño en los cultivos de las áreas agrícolas ubicadas cerca de sus nidos. Por lo anterior, han llegado a ser calificadas como una de las plagas más limitantes en muchos cultivos importantes económicamente.

### **Influencia de las estructuras biogénicas de *A. rugosus* en las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo<sup>19</sup>**

El conjunto de funciones biológicas que cumplen las hormigas pueden afectar el ecosistema, tanto los factores bióticos como la vegetación circundante, como a los factores abióticos, entre los cuales destaca el suelo intervenido por esta porción de la macrobiota. Dentro de esta serie de efectos generados se

---

<sup>19</sup> MERIÑO, Y. y GARCÍA, L. Biomasa y actividad microbiana de suelos de los nidos de *Acromyrmex rugosus* en la reserva campesina la montaña (RCM, Atlántico, Colombia). Barranquilla: Entomotrópica, Vol. 29. 2014. p. 159-171.

pueden resaltar aquellos considerados beneficiosos para el ecosistema, como la extracción del suelo, el mayor enraizamiento de las plantas como consecuencia de las cavidades subterráneas de los nidos. Además, por el almacenamiento de residuos orgánicos dentro de los nidos, se puede presentar una mejoría en la capacidad de cambio catiónico, mejoría causada por la materia orgánica, que incrementa la carga negativa del suelo, mejorando la fertilidad y favoreciendo la regeneración del bosque en áreas degradadas.

La acumulación de materia orgánica tanto en el interior de las cámaras como en las pilas de desechos formadas en el exterior del nido hace ellos, puntos clave para la obtención de nutrientes por parte de la flora circundante. Finalmente, los conjuntos de nutrientes en estas zonas promueven el desarrollo de microorganismos los cuales aceleran los procesos de mineralización y descomposición de materia orgánica dando beneficios tanto para la colonia de hormigas como para los organismos vegetales asociados.

### *Zea mays* L.

El maíz es una planta proveniente de Suramérica, donde los nativos acostumbraban sembrar para alimentarse de sus granos. Actualmente se ha tornado en un cultivo económicamente importante, por lo que se ha difundido a numerosas regiones cálidas y templadas alrededor del mundo. Dentro de sus formas de aprovechamiento destacan el importante aporte a la alimentación humana; también es utilizada como variedad forrajera en alimentación animal, además de numerosas aplicaciones a nivel

industrial<sup>20</sup>. Gracias a las diversas variedades botánicas desarrolladas a través de los años, se pueden obtener diferentes productos, para ser destinados tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal<sup>21</sup>.

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los cereales más importante a nivel mundial, se posiciona como el tercer cultivo más sembrado cubriendo un área de alrededor de 140.000.000 ha en 135 países; entre los períodos de 2009-2011 se produjeron aproximadamente 795.935.000 ton; en el mercado internacional se comercializan más de 90 millones de toneladas<sup>22</sup>. En Colombia es el cultivo transitorio con más área cultivada, con cerca de 300.000 ha entre el 2010- 2013<sup>23</sup>. La variedad de ambientes en las cuales se siembra es mayor comparado con el resto de cultivos y a pesar de originarse en territorios tropicales y subtropicales, destacándose como una planta de alta productividad. Actualmente se siembra entre los 300 msnm hasta los 3.000 msnm.

Las plantas de maíz son de tallo firme, bien anclado, de rápido desarrollo vegetativo y de producción anual. El tallo es simple, recto y sin ramificaciones; puede alcanzar alturas de 4 metros, aunque en promedio se obtienen plantas entre 2 a 2,5 metros. Tiene una apariencia similar a una caña, no cuenta con entrenu-

---

20 FUSTER, E. BOTÁNICA. Primera. Buenos Aires, Argentina: KAPELUSZ, 1974. p. 1-7.

21 ALDRICH, S. R., SCOTT, W. O. y HOEFT, R. G. Modern corn production. Tercera edición. Champaign, Illinois, EUA: A y L publications, Inc., 1986. p. 358.

22 FENALCE. Federación Nacional de Cerealeros de Colombia. 2010. El cultivo de maíz historia e importancia. Mayo-Junio. s.l.: El cerealista, 2010. p. 10-19.

23 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. En más de 600 mil toneladas se incrementó la producción de maíz en Colombia. [En línea]. [Citado el: 9 de enero de 2016.] <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-m%C3%A1s-de-600-mil-toneladas-se-increment%C3%B3-la-producci%C3%B3n-de-ma%C3%ADz-en-Colombia.aspx>.

dos y se puede apreciar una médula esponjosa si se hace una incisión transversal. Las hojas que presenta el maíz brotan abrazadas al tallo, estas son alargadas, grandes, lanceoladas, alternadas y paralelinervias, en su haz presenta vellosidades y los bordes son muy afilados y cortantes. Las raíces son fasciculadas para brindar el mejor anclaje para la planta y la absorción de nutrientes. En algunos casos sobresalen unas raíces desde los nudos en el suelo conocido como raíces secundarias o adventicias.

El maíz es de inflorescencia diclino-monoica con flores tanto masculinas como femeninas presentes en la misma planta, aunque separadas unas de otras. La flor masculina contiene una panícula (también llamado espigón o penacho) de color amarillo, que alberga una gran cantidad de polen, en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. Todas las florecillas de la panícula presentan tres estambres donde se produce el polen. Por otra parte, la flor femenina posee una menor cantidad de granos de polen, aproximadamente 800 a 1.000; se producen en unas estructuras vegetativas llamadas espádices que surgen laterales al tallo<sup>24</sup>.

### ***Factores que afectan al cultivo de maíz***<sup>25</sup>

Los procesos de germinación y desarrollo de una planta son complejos, por lo cual tienen muchos factores involucrados, de diferentes tipos con diferentes tipos de consecuencias, esto es importante saberlo para obtener resultados óptimos y/o discu-

---

24 RICCELLI, M. Mejoramiento genético y biotecnología, introducción a la genética del maíz. En: El maíz en Venezuela. s.l.: Fundacion Polar, 2000. p. 77-93.

25 BURGOS, L. y DÍAZ, A. Germinación y crecimiento de maíz (*Zea mays L.*) en presencia de campos electromagnéticos generados por líneas de tensión. Barranquilla, Atlántico: Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial, 2014. p. 20-21.

tir resultados negativos; estos factores mencionados se pueden categorizar en:

- Factores ambientales.
- Factores genéticos.

### *Factores ambientales*

Algunos de los más importantes son:

**-Temperatura:** El cultivo de maíz demanda temperaturas relativamente altas (20-29 °C) para un desarrollo óptimo. Con temperaturas altas, el desarrollo de hojas es realizado con mayor celeridad, siendo de gran provecho debido a que en estas se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, de la cual la planta obtiene su alimento y crece.

**-Fecha de siembra:** Una siembra tardía aproxima el cultivo a la fase crítica, la floración, a la época donde hay mayores probabilidades de déficit hídrico. Según expertos argentinos, para lograr un rendimiento muy bueno, la fecha de siembra espléndida suele ser a comienzos del mes de octubre.

**-Radiación solar:** Son plantas que crecen debido a la producción de alimento a partir de la luz y otros componentes, en el proceso de la fotosíntesis. La eficiencia con la que el maíz use la radiación solar es dependiente de su desarrollo foliar.

**-Agua:** El cultivo del maíz es bastante susceptible a la carencia de agua, substancialmente en el período comprendido entre la floración y el llenado de grano. Esta fase es un punto crítico para la determinación del rendimiento del cultivo. La demanda hídrica del cultivo de maíz en todo su ciclo es superior a los 550 milímetros.

**-Densidad de siembra:** El propicio manejo de la densidad de

siembra se manifiesta en la producción de coberturas vegetales que permiten alcanzar una incidencia óptima de la luz en los períodos en que esta tiene mayor repercusión en el rendimiento. El maíz como cultivo es muy susceptible a las variaciones de densidad de siembra y por ello el correcto ajuste de esta es primordial. Se le suele llamar óptimo a un stand de 80.000 plantas/hectárea. De ser baja la densidad, se dará una subutilización de elementos, y la eficiencia será baja; y de ser extrema, habrá competencia por la luz, nutrientes y agua.

**-Duración del día o fotoperíodo:** El ciclo del maíz, se puede decir, que es una especie de días cortos. Es decir, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día.

### *Factores genéticos*

La extensión en el tiempo del ciclo de cultivo y cada una de sus fases está potentemente atada a factores de tipo genético. Debido a esto, hay cultivos de ciclo largo, intermedio y corto. Habitualmente, los cultivos de maíz de ciclo largo se relacionan a una mayor eficiencia.

### **Condiciones de cultivo**

Para la germinación y el perfecto desarrollo del maíz es necesario tener en cuenta la fertilidad física del suelo del lugar de cultivo. Cuando no se encuentran en los rangos óptimos, estos patrones pueden ser en la mayoría de las ocasiones el factor limitante para el cultivo. Otros aspectos cruciales son aquellos relacionados con las condiciones climáticas<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> ANFFE. Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. Guía práctica de la fertilización de los cultivos en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. p. 51-62.

### *Exigencias edafoclimáticas*<sup>27</sup>

El maíz requiere una temperatura tropical alrededor de 25 a 30 °C. Además, necesita bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación de la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. En su etapa de desarrollo, el maíz es capaz de resistir temperaturas mínimas de hasta 8 °C y desde de los 30 °C pueden presentarse dificultades en el desarrollo de las plantas debido a la absorción deficiente de nutrientes minerales y agua. Para el buen desarrollo de los frutos se necesitan temperaturas entre los 20 hasta los 32 °C. Estos rangos pueden diferir un poco debido a la gran variedad de semillas existentes, resultado de la selección de semillas con características beneficiosas; esto brinda la posibilidad de encontrar cultivos de maíz en condiciones más difíciles a las acostumbradas.

El agua es fundamental en las etapas de crecimiento; se requieren precipitaciones de lluvia que brinden entre 400 a 650 mm de agua. El cultivo de maíz demanda agua en cantidades de unos 5 mm al día. El riego puede realizarse por aspersión y por inundación. La técnica más utilizada actualmente es el riego por aspersión. Este requerimiento de agua va cambiando a medida que se desarrolla el cultivo, cuando las semillas empiezan a germinar la exigencia de agua se va reduciendo, pero tratando de mantener continuamente la humedad.

Durante la etapa del crecimiento vegetativo el cultivo exige la mayor cantidad de agua, además se aconseja regar a unos

---

27 FENALCE. Federación Nacional de Cerealeros de Colombia. MAÍZ. [En línea] [Citado el: 25 de Febrero de 2016.] [http://www.fenalce.org/nueva/amplia\\_cont\\_idioma.php?id=138178b26823fe21d5ce72c0b1767f36&hl=en&tab=nw&lightbox\[jframe\]=true&lightbox\[width\]=70p&lightbox\[height\]=80p](http://www.fenalce.org/nueva/amplia_cont_idioma.php?id=138178b26823fe21d5ce72c0b1767f36&hl=en&tab=nw&lightbox[jframe]=true&lightbox[width]=70p&lightbox[height]=80p).

10 o 15 días previos a la floración. La etapa de floración es el momento más decisivo puesto que de ella se determina el cuajado y el rendimiento de la producción, es por esto que se sugieren riegos para mantener la humedad y permitir una eficaz polinización y cuajado. En la etapa final, para lograr el engrosamiento y alcanzar la madurez del maíz es necesario reducir la dosis de aplicación de agua.

### *Exigencias del suelo*<sup>28</sup>

El cultivo de maíz se ha adaptado bastante a todos tipos de suelo, aunque los suelos con pH entre 6 a 7 son aquellos en donde el maíz mejor se desarrolla. Además, necesitan terrenos profundos con abundante materia orgánica y un drenaje lo suficientemente eficaz para evitar la saturación hídrica en la tierra la cual provoca asfixia radicular en la planta. Los requerimientos respecto a los nutrientes en el suelo oscilan entre 28-30 kg de nitrógeno (N), 23-25 kg de potasio ( $K_2O$ ) y 10-12 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ), por cada tonelada de producto a obtener.

El maíz es capaz de absorber nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal, siendo la absorción de amoniacal más rápida que la absorción nítrica. La estructura amoniacal tiene como ventaja su retención más prolongada en el suelo, sin embargo, puede llegar a presentar como desventaja el hecho de que puede interferir en la asimilación de otros minerales como el calcio, magnesio o potasio. Por otra parte, se tiene un gasto significativo de calcio, magnesio y azufre en el suelo asociado con este tipo de cultivo. Se debe resaltar que en realidad una cantidad significativa de los

---

<sup>28</sup> ANFFE. Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. Guía práctica de la fertilización de los cultivos en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. p. 51-62.



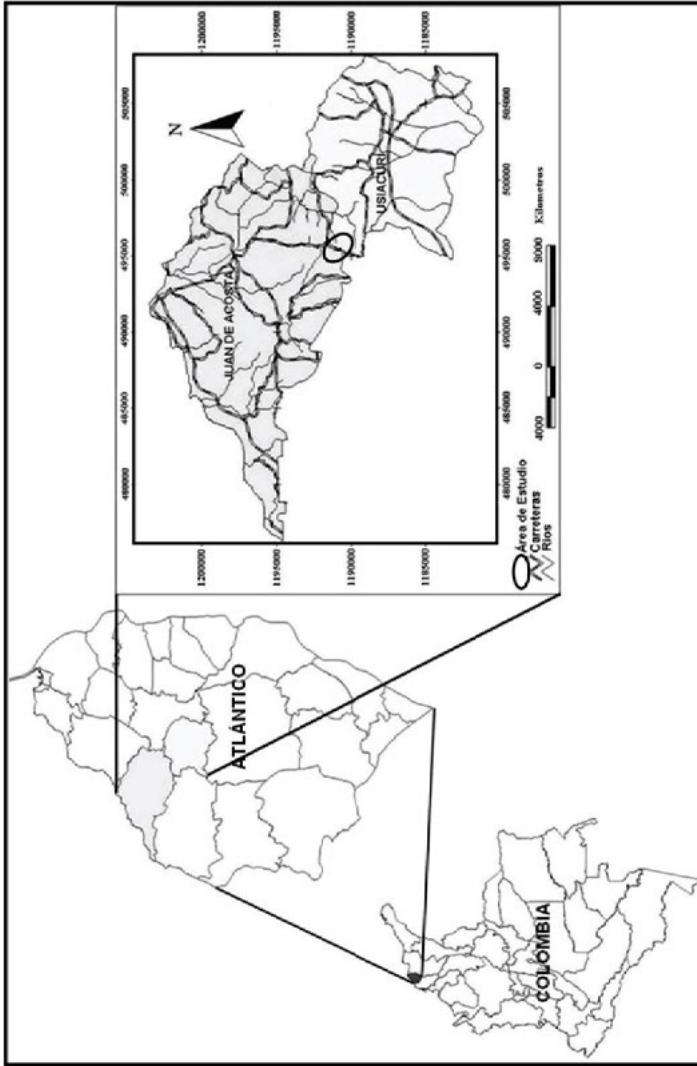
minerales absorbidos por la planta es destinada a partes de la misma que no siempre se retiran del terreno. Esto provoca diferencias importantes entre la extracción general de nutrientes y la exportación de estos fuera de las zonas de cultivo. Dichas diferencias son bastante significativas en lo que respecta al potasio y los microelementos, ya que solo una mínima cantidad termina en el grano que se cosecha. Aproximadamente el 47 % del nitrógeno total se consume entre los 15 días previos y los 15 posteriores a la etapa de floración.

### Área de estudio

La Reserva Campesina La Montaña (RCM) está ubicada en la zona rural del municipio de Juan de Acosta, departamento del Atlántico, Colombia, muy cerca del municipio de Usiacurí del mismo departamento (Figura 2). Está localizada a 10°46'02.6"N y 75°02'34"W, a una altitud entre 100 y 250 m y está declarada en categoría de zona de reserva campesina (Decreto 1777 de 1996). Tiene una extensión de 47 hectáreas y está caracterizada por tener cultivos permanentes de maíz, millo, yuca, ají, cercas vivas y zonas de pastoreo alrededor usados para la cría de ganado. En esta zona, la época de mayor precipitación va desde agosto a septiembre con promedios que van desde 100 mm/mes hasta 580 mm/mes. Enero, febrero y marzo corresponden a los de menor precipitación con valores que oscilan entre 0,0 hasta 30,0 mm/mes. De acuerdo con los registros obtenidos, la temperatura media promedio es de 27,6 °C con pocas variaciones a lo largo del año y humedad relativa de 77,1 % e intensidad lumínica de  $34,2 \times 100^{29}$ .

---

29 VARGAS, M., PRINCE, S. y MARTÍNEZ, N. Estructura poblacional de *heliconius erato hydara hewitson*, 1867 (*lepidoptera: nymphalidae*) en la reserva campesina la montaña (RCM), departamento del Atlántico, Colombia. Zaragoza: Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 2012. Vol. 51. p. 273-281.



**Figura 2**  
Localización de la Reserva Campesina la Montaña (RCM) en el departamento del Atlántico, Colombia  
Fuente: IGAC, proyección UTM zona 18



## Capítulo II

# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Variables

Para las mediciones y por lo tanto para la consecución de resultados y hechos concretos se tomaron en cuenta nueve variables de estudio, referenciadas en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
Variables de estudio

Variable	Naturaleza
Tasa de avistamiento de hojas	Cuantitativa continua
Tasa de elongación del tallo	Cuantitativa continua
Longitud del tallo	Cuantitativa continua
Altura de la plántula	Cuantitativa continua
Área foliar	Cuantitativa continua
Índice de área foliar	Cuantitativa continua
Nudos por semana	Cuantitativa discreta
Número de hojas	Cuantitativa discreta
Días	Cuantitativa discreta

Fuente: Autores

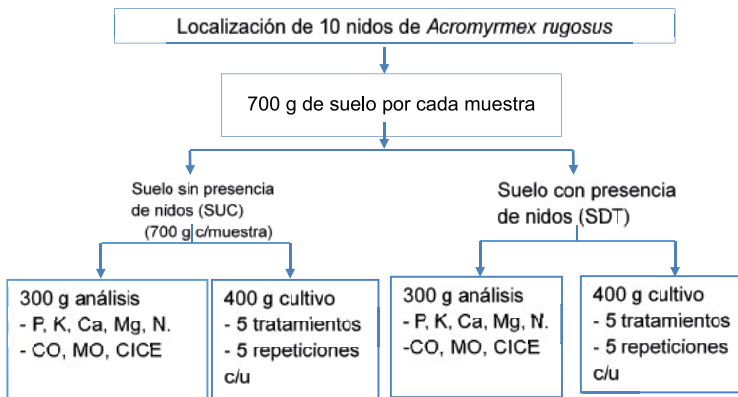
### Nivel de investigación

Acorde con los objetivos que se han planteado, se considera esta investigación de tipo descriptiva correlacional ya que se

caracteriza un hecho, consiguiendo así establecer su comportamiento. Adicionalmente, se reconocen y analizan las relaciones y el comportamiento que se dé entre los diferentes tratamientos y las variables de estudio.

### Diseño de investigación

Según los objetivos planteados y la metodología a seguir, esta investigación es de tipo experimental, se busca dar respuesta al problema en cuestión, sometiendo a un grupo de individuos (desde el punto de vista estadístico), en este caso las semillas a unas combinaciones de suelo con determinadas características, es decir, la variable independiente de este experimento es el crecimiento del maíz y las variables independientes los tipos de suelo. El diseño de la investigación, de tipo bloque, se sintetiza en la Figura 3.



**Figura 3**

Diseño experimental de la investigación

Fuente: Autores

Los parámetros físicos que se analizaron en los puntos donde se encuentran los nidos y la muestra de suelo sin nido fueron

humedad de suelo, temperatura y humedad ambiente, los cuales se determinaron *in situ*, textura de suelo, para lo cual se empleó el método de Bouyoucos<sup>1</sup>, mediante el uso de un Hidrómetro, determinando los porcentajes de limo, arcilla y arena en las muestras de suelo.

Por otro lado, para el crecimiento de *Zea mays*, los ensayos para el análisis de crecimiento se realizaron en campo abierto en un área de 25 m<sup>2</sup> (5 m de largo y 5 m de ancho) en una zona de cultivo adyacente al fragmento de bosque, bajo una cubierta de muselina, que evitó la entrada de animales que pudiesen causar daños o interferir con el experimento. Las semillas empleadas de *Z. mays* correspondieron a la variedad ICA-V-156 certificadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), creada para clima cálido, en especial para la costa Atlántica. Se utilizaron bolsas negras de polietileno con un contenido de 400 g de suelo/bolsa y en cada una se sembraron tres semillas, a una profundidad de 2 cm. Se realizaron cinco tratamientos con cinco repeticiones, para un total de 25 muestras por tratamiento (Tabla 2).

**Tabla 2**

Número de tratamientos y descripción en el análisis del efecto del suelo de nidos sobre la germinación y crecimiento de *Zea mays* L

Tratamiento	Descripción
1	100 % SUC*
2	75 % SUC y 25 % SDT*
3	50 % SUC y 50 % SDT
4	25 % SUC y 75 % SDT
5	100 % SDT

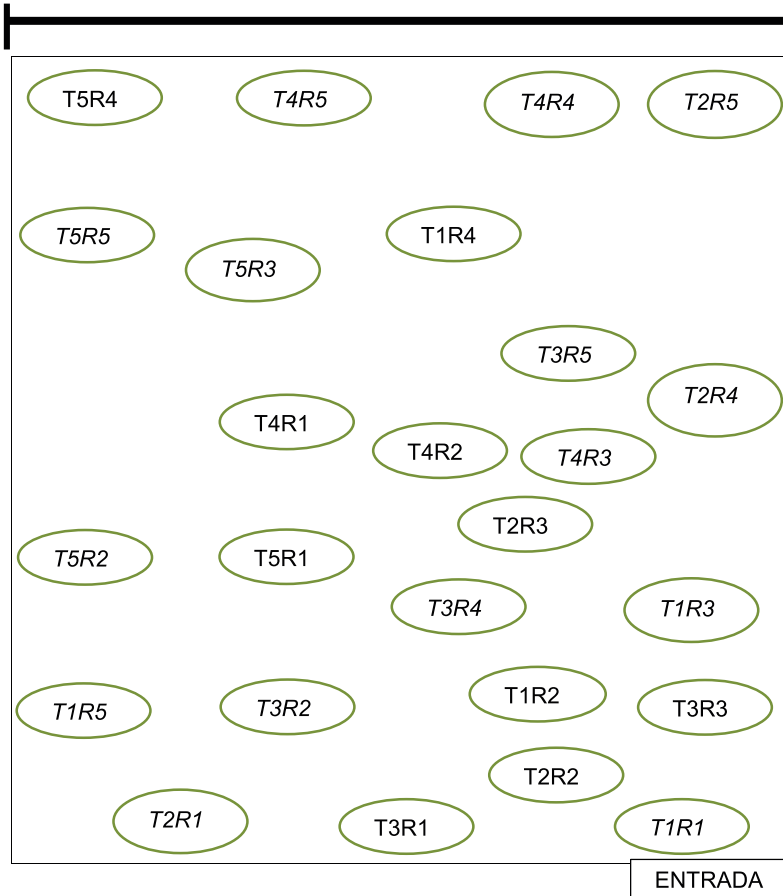
\*SUC: Suelo usado para el cultivo en el área de estudio, es decir, suelo sin nido.

\*SDT: Suelo de tratamiento, es decir, suelo con nido de *Acromyrmex rugosus*.

Fuente: Autores

1 BOUYOUCOS, G. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soilsp. En: Agronomy journal. Enero, 1962. Vol. 54, no. 5, p. 464-465.

En la Figura 4 se muestra la distribución espacial del cultivo, se referencia el tipo de tratamiento y la repetición que corresponde (ejemplo: T2R4, para el tratamiento 2 repetición 4); no se realizó una distribución en filas y columnas con el fin de tener la mayor cantidad de luz solar incidente, puesto que alrededor de la zona escogida para el cultivo se tenía alto grado de vegetación.



**Figura 4**  
Distribución espacial propuesta para el cultivo

Fuente: Autores

Para evaluar el crecimiento de *Z. mays* en los diferentes tratamientos hasta lograr una altura máxima de 50 cm en la longitud del tallo de la planta se analizaron las siguientes características morfológicas: **a)** Número de nudos/semana. **b)** Altura de la plántula (cm), en función de longitud de la hoja (desde el suelo hasta el ápice de la hoja extendida). **c)** Área foliar, es decir, el área de la hoja (AF), mediante la fórmula:  $LA = 0.75 (L \times W)$ ; donde L: longitud de hoja y W: ancho, el AL/planta se realizó por medio de los promedios de la LA de cada hoja (Wahua, 1986)<sup>2</sup>. **d)** Índice de área foliar (IAF),  $IAF = (AF / \text{Área que ocupa la planta en el suelo, generalmente expresado en metros cuadrados (m}^2\text{)})^3$ . **e)** Tasa de avistamiento de hojas (RAH; hojas/tallo), obteniéndose por la diferencia entre el número total de hojas al final del intervalo de corte (NHf), menos el número inicial de hojas (NH<sub>i</sub>), dividido entre el número de días (ND), transcurridos entre mediciones sucesivas ( $TAH = (NHf - NH_i) / ND$ )<sup>4</sup> y **f)** Tasa de elongación del tallo (TET; mm/tallo d), la cual se obtendrá por la diferencia entre la longitud final (LTf) y la longitud inicial (LT<sub>i</sub>) dividido entre el número de días (ND) mediciones sucesivas<sup>5</sup>.

Para el tratamiento de los datos emplearon análisis descriptivos para los parámetros analizados, físicos y químicos. Primero que todo los datos se organizaron en tablas y gráficos, como histogramas y diagramas de dispersión, no solo con el fin de facilitar

- 2 WAHUA, TAT. Leaf area development and nutrient uptake of Melon (*Colocynthis vulgaris*) intercropped with Maize (*Zea mays*). En: Biol. Afr. 1986, Vol. 3, p. 15-20
- 3 TINOCO, C., RAMÍREZ, A., VILLARREAL, E., RUIZ, A. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. En: Agricultura Técnica en México. Vol: 34, no. 3, 272 p.
- 4 ALEXANDRINO, E., NASCIMENTO, D. J., MOSQUIM, P. R., REGAZZI, A. J., CIPRIANO, R. F. Características Morfogênicas e Estruturais na Rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida a Três Doses de Nitrogênio. En: Revista Brasileira de Zootecnia 2004. Vol. 33, no. 6, p. 1372-1379.
- 5 SANTOS, M. P., BALSALOBRE, A. M. A., CORSI, M. Características Morfogênicas e Taxa de Acúmulo de Forragem do Capim-Mombaça Submetido a Três Intervalos de Pastejo. En: Revista Brasileira de Zootecnia. Agosto, 2004. Vol. 33, no.4, p. 843-851.



la comprensión de los resultados sino de tener una idea rápida del comportamiento de los datos. Se realizó una prueba Anderson-Darling debido al número de datos obtenidos ( $n > 50$ ) para demostrar que los datos obtenidos cumplen con los supuestos de normalidad. En pos, se realizaron pruebas t-pareadas para decretar si hay diferencias significativas entre los suelos con y sin nidos en función de las variables físicas y nutrientes.

Se usó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para decidir cuáles son las variables más relevantes y las que darán la posible variabilidad de los tratamientos analizados; también, para reducir la dimensión de los datos de las variables morfo-métricas y detectar la estructura de las relaciones entre los mismos usando una extracción de factores en el análisis de crecimiento de *Z. mays*. Para estudiar la influencia de los tratamientos sobre cada parámetro de crecimiento, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de homocedasticidad debido a que los datos cumplen con los supuestos de normalidad.

### **Población**

La población de estudio de esta investigación es un cultivo de maíz realizado en un invernadero elaborado por los autores, con locación en la Reserva La Montaña en el departamento del Atlántico, zona rural del municipio de Usiacurí.

### **Diagrama de flujo del experimento**

El primer paso de la ejecución de la investigación fue realizar una visita inicial con el fin de examinar preliminarmente el terreno de la Reserva La Montaña, así como ubicar los nidos de *Acromyrmex rugosus*, escoger el terreno donde se iba a realizar el invernadero para la siembra.

Como segundo paso, se prepararon las mezclas de tierra que conformarían los diferentes tratamientos, realizándose de manera homogénea con un resultado en masa de cada una de 400 gramos.

Como tercer paso, se seleccionó el material vegetal a utilizar –las semillas de maíz– se escogió una variedad de maíz blanco ideal para el territorio del departamento del Atlántico, libre de cualquier tipo de impureza.

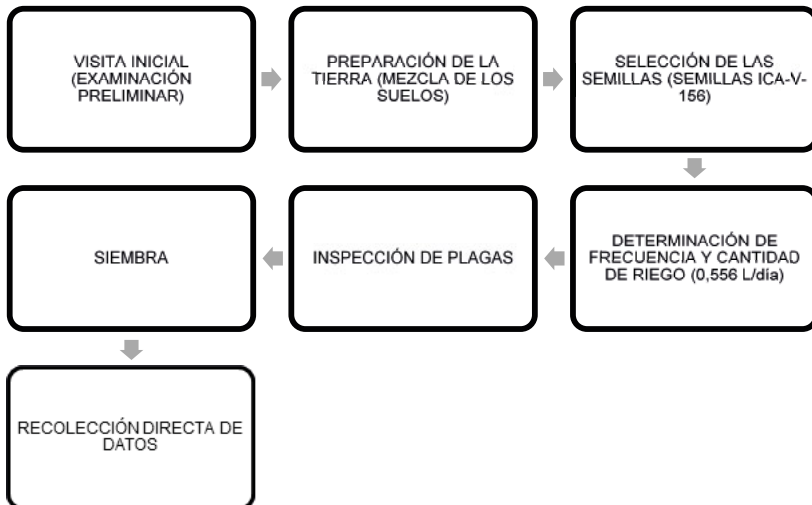
En la cuarta etapa se decidió que la frecuencia de riego sería diaria con 0,556 litros, cantidad que ha sido utilizada para otros experimentos también con el cultivo del maíz en esa zona rural y han sido exitosos.

La quinta fase del experimento consistió en una inspección diaria de cada planta y del terreno cercano, cuyo propósito fue la búsqueda exhaustiva de todo tipo de plagas, para impedir afectaciones al cultivo; esta inspección era realizada 6 días a la semana por un colaborador experto oriundo de la zona rural de Usiacurí, encargado de salvaguardar la Reserva La Montaña, llamado Santiago Conrado. Esta inspección era realizada al atardecer y/o al anochecer. Y un día a la semana, realizada por los autores. La plaga más importante que se detectó fue la “hormiga arriera”, cuya especie fue identificada por otro colaborador experto, egresado de la Universidad del Atlántico, como *Atta colombica* para lo cual se procedió a controlar con Lorsban 2,5P, adquirido en la distribuidora de productos químicos Juliao ubicada en la Carrera 15 sur con calle 48 F, barrio 7 de abril de Barranquilla, Colombia. El método de aplicación del insecticida Lorsban fue espolvorear en los caminos de la “hormiga arriera”

con los elementos necesarios de seguridad y siguiendo las indicaciones de la hoja de seguridad del fabricante.

Siguiendo las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), se realizó la sexta etapa del experimento, una de las más determinantes, la siembra; consistió en colocar las mezclas de suelo de tratamiento y suelo sin nido en bolsas negras, debido a que este color impide las pérdidas de nutrientes con mucha celeridad, entre otros factores beneficiosos para la planta.

Para la fase definitiva, el cultivo de maíz fue observado por los autores una vez a la semana y se realizaron las respectivas mediciones de parámetros, estas se hicieron transcurridos 13, 22, 29, 36, 43, 51 y 57 días de la siembra del cultivo, que fue realizado el 22 de octubre de 2016. La Figura 5 condensa toda la información del experimento. El anexo A complementa esta información ya que muestra las fotografías del experimento.



**Figura 5**  
Diagrama de flujo de la realización del experimento

Fuente: Autores

## Materiales y equipos

**Tabla 3**  
Materiales y equipos utilizados en el experimento

EQUIPO O MATERIAL	REFERENCIA	MARCA	JUSTIFICACIÓN
Balanza analítica	Valor 7000	Ohaus	Pesaje de muestras
Cámara fotográfica	12 megapíxeles	Lumix	Recopilación gráfica
GPS	Montana series 600	Garmin	Toma de datos en campo
Vernier digital	Traceable, digital calipers. Medidor digital. 6"/150mm y 11 oz	Genérico	Toma de datos en campo
Hipsómetro y medidor de distancias láser	Modelo Forestry 550 Laser	Nikon	Medición de distancias
Semillas de maíz blanco	ICA-V-156	Semillas del pacífico	Toma de datos en campo
Bolsa para vivero 9x18 cm	Sin referencia	Genérica	Toma de datos en campo
Tela para invernadero	Tulle	Genérica	Montaje de invernadero para toma de datos en campo
Insecticida hormicida Lorsban 2,5P	Clorpirifós	Dow	Manejo de plagas

Fuente: Autores



## Capítulo III

# RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

---

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Ubicación de los nidos

En la Tabla 4 se muestran las coordenadas de los nidos de donde se extrajo el suelo en sistema GMS, tomadas directamente del GPS y la conversión a grados decimales. Cabe aclarar que no se extrajo suelo de los diez nidos previamente ubicados, gracias al gran tamaño, que tenían los cinco primeros encontrados, lo cual permitió extraer la cantidad necesaria de suelo rápidamente sin dañar los nidos.

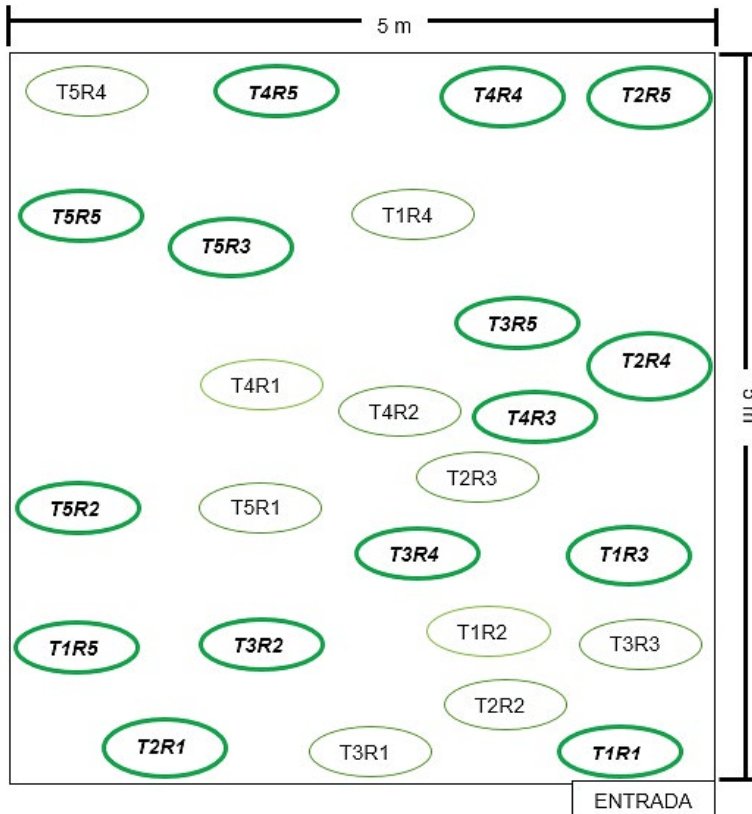
**Tabla 4**  
Coordenadas geográficas de los nidos de donde se extrajo suelo según los sistemas GMS y Grados decimales

Coordenadas GMS (tomadas del GPS)	Coordenadas en grados decimales (Conversión)
N 10° 46.275' 0" O 75° 2.875' 0"	Latitud: 10.77125 Longitud: -75.04791666666667
N 10° 46.266' 0" O 75° 2.852' 0"	Latitud: 10.7711 Longitud: -75.04753333333333
N 10° 46.264' 0" O 75° 2.844' 0"	Latitud: 10.7710667 Longitud: -75.0474
N 10° 46.2688' 0" O 75° 2.830' 0"	Latitud: 10.7711467 Longitud: -75.04716666666667
N 10° 46.259' 0" O 75° 2.831' 0"	Latitud: 10.7709833 Longitud: -75.04718333333334

Fuente: <http://www.coordenadas-gps.com/>, 2016

## Distribución espacial del cultivo

En la Figura 6, se encuentran resaltados los tratamientos que germinaron exitosamente además de tener buena vitalidad, ya que no todas las semillas lograron germinar.



**Figura 6**  
Distribución espacial final para el cultivo

Fuente: Autores

Esto se puede atribuir como resultado de las abundantes precipitaciones durante la primera semana del cultivo, lo que generó un estado de inundación, por lo cual las semillas debieron ger-

minar en un estado de anoxia (en estado anaeróbico), además con dificultades para absorber los nutrientes del suelo. Esta cadena de hechos concluyó en la no germinación de muchas semillas y las que lograron germinar lo hicieron con cierto grado de dificultad, por esto se optó por seleccionar y hacer seguimiento a las 3 mejores plantas de cada tratamiento en términos de vitalidad y así tener una significancia estadística además de normalidad en los datos, de esta forma se estudiaron 15 plantas, 3 para cada tratamiento. La siembra del cultivo se realizó el día 22 de octubre de 2016.

### **Resultados de la medición de los parámetros morfométricos**

En las Tablas 5 a 11 se muestran los datos obtenidos durante las diferentes mediciones realizadas a los parámetros propuestos a cada planta de maíz en diversos lapsos de tiempo. Para diferenciar las plantas sembradas se codificó cada muestra según el tratamiento realizado y la repetición asignada, donde T hace referencia al tratamiento empleado y R indica el número de repetición que le corresponde a la planta sembrada, como se había referenciado en la metodología.

En la Tabla 5 se observan menos mediciones, eso se debe a que el resto de las muestras presentaron una germinación tardía, puesto que, a pesar de haber germinado, estas no contaban con el tamaño suficiente para medir sus parámetros morfométricos apropiadamente. Para el resto de las mediciones (de la Tabla 6 a la 11) se realizaron las mediciones a las 15 plantas seleccionadas, 3 por tratamiento.



**Tabla 5**  
Primera medición de parámetros,  
realizada el 3 de noviembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longitud del tallo
T1R1	1,075	22	0,231	6,5	0,5
T2R4	1,075	32	0,308	7	0,538
T2R5	1,613	19	0,231	8	0,615
T3R2	1,075	25	0,231	6	0,423
T3R4	1,075	27	0,231	6	0,462
T4R3	1,075	20,5	0,231	4	0,308
T4R5	1,075	23,5	0,231	5	0,385
T5R2	1,075	19	0,231	6	0,462

**Tabla 6**  
Segunda medición de parámetros,  
realizada el 12 de noviembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T1R1	0,637	35	-0,111	8	0,167
T1R3	0,637	36,5	0,333	8,5	0,944
T1R5	0,955	31,5	0,444	7	0,778
T2R1	0,955	26,5	0,333	6,55	0,728
T2R4	0,637	44	0	9	0,222
T2R5	0,955	40,5	0	11,5	0,389
T3R2	0,637	32	0	8,5	0,278
T3R4	0,637	35	0	9	0,333
T3R5	0,637	30	0,333	8,5	0,944
T4R3	0,637	27	-0,111	5,5	0,167
T4R4	0,637	29	0,333	6	0,667
T4R5	0,637	31	0	7	0,222
T5R2	0,955	29	0,111	8,5	0,278
T5R3	0,955	28	0,444	6,5	0,722
T5R5	0,955	31,5	0,444	7	0,778

**Tabla 7**  
Tercera medición de parámetros,  
realizada el 19 de noviembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T1R1	0,483	41,5	0,413	10,5	0,357
T1R3	0,483	40,5	0	9	0,071
T1R5	0,725	43,5	-0,143	11,5	0,643
T2R1	0,483	37	-0,143	9	0,35
T2R4	0,725	43,5	-0,286	11,5	0,357
T2R5	0,483	45	0,143	13	0,214
T3R2	0,483	38,5	0	10	0,214
T3R4	0,483	37,5	0	10	0,143
T3R5	0,483	40	0	10,5	0,286
T4R3	0,483	37	0,143	7,5	0,286
T4R4	0,483	38	0	8	0,286
T4R5	0,483	40	0	9	0,286
T5R2	0,966	40	0,143	10,5	0,286
T5R3	0,725	37	0	9,5	0,429
T5R5	0,725	42	0	9	0,286

**Tabla 8**  
Cuarta medición de parámetros,  
realizada el 26 de noviembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T1R1	0,483	41,5	0,143	10,5	0,357
T1R3	0,483	43	0	10	0,14
T1R5	0,725	45	0,143	12	0,07
T2R1	0,483	38	0,143	10	0,14
T2R4	0,483	47	-0,143	12,5	0,14
T2R5	0,725	49,5	0	14	0,14
T3R2	0,483	38,5	0	10	0,214
T3R4	0,483	42	0	12	0,29
T3R5	0,483	42	0	11	0,07

Propiedades físicas de nidos de *Acromyrmex Rugosus*  
y su efecto sobre el crecimiento de *Zea Mays* L.

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T4R3	0,483	37	0,143	7,5	0,286
T4R4	0,483	42,5	0,143	10	0,286
T4R5	0,483	40	0	9	0,286
T5R2	0,966	46	0	11	0,07
T5R3	0,725	37	-0,286	9,5	0,00
T5R5	0,725	47	0	10	0,14

**Tabla 9**  
Quinta medición de parámetros  
realizada el 2 de diciembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T1R1	0,489	50,5	0	11,5	0,07
T1R3	0,489	49,5	0,143	11,5	0,21
T1R5	0,489	51	0	12	0,00
T2R1	0,489	40,5	0	12	0,29
T2R4	0,326	46	0,286	13	0,07
T2R5	0,489	52	0	17	0,43
T3R2	0,326	45,3	0	12,5	0,14
T3R4	0,326	47,5	0	13,5	0,21
T3R5	0,326	43	0	13	0,29
T4R3	0,326	45	0	11	0,21
T4R4	0,326	47	-0,143	12	0,29
T4R5	0,326	49	0	13	0,29
T5R2	0,651	49,5	-0,143	13,5	0,36
T5R3	0,489	43,5	0,143	12,5	0,43
T5R5	0,326	50,1	-0,143	12	0,29

**Tabla 10**  
Sexta medición de parámetros,  
realizada el 11 de diciembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T1R1	0,56	54	0,125	17	0,688
T1R3	0,56	45,5	-0,125	15	0,438
T1R5	0,42	76	0,25	21	1,125
T2R1	0,56	47	0	16	0,5
T2R4	0,42	48	0	16	0,375
T2R5	0,28	49	0,125	18	0,125
T3R2	0,42	50	0	16,5	0,5
T3R4	0,56	50,5	0	17,5	0,5
T3R5	0,42	50,5	0	16	0,375
T4R3	0,56	52,5	0	17,5	0,5
T4R4	0,42	53	0,125	16	0,5
T4R5	0,56	54,3	0,125	17	0,5
T5R2	0,56	51,2	0	15	0,188
T5R3	0,56	53	0,125	18	0,688
T5R5	0,42	55	0	14,5	0,313

**Tabla 11**  
Séptima medición de parámetros,  
realizada el 17 de diciembre de 2016

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T1R1	0,56	54	0,125	17	0,688
T1R3	0,56	50,5	0,00	17	0,33
T1R5	0,42	86	0,00	23	0,33
T2R1	0,56	48,5	0,00	18,5	0,42
T2R4	0,42	48,5	0,17	18	0,33
T2R5	0,28	48	0,00	18	0,00
T3R2	0,42	50	0	16,5	0,5
T3R4	0,56	52,5	0,00	19,5	0,33
T3R5	0,42	54,5	0,17	18,5	0,42
T4R3	0,56	52,5	0,125	15,5	0,563
T4R4	0,42	55,5	-0,17	17,5	0,25
T4R5	0,56	54,3	0,125	17	0,5
T5R2	0,56	54	0,00	18,5	0,58

Muestra	Nudos/ semana	Altura (cm)	Tasa de avista- miento de hojas	Longitud del tallo (cm)	Tasa de longi- tud del tallo
T5R3	0,56	51	0,00	18,5	0,08
T5R5	0,42	57	0,00	16	0,25

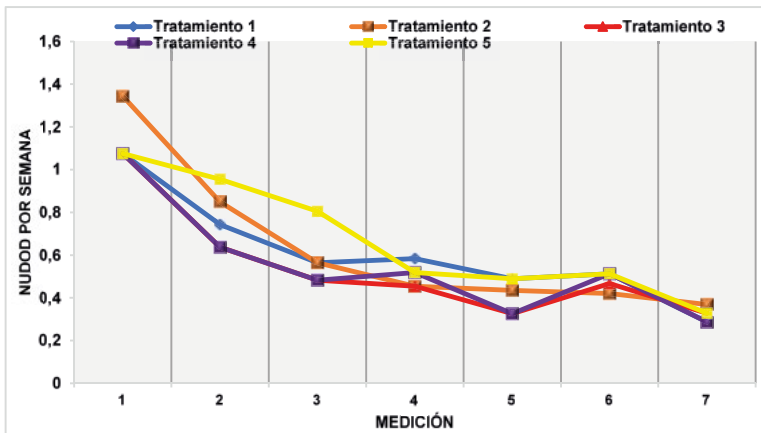
Para sintetizar mejor el lapso de tiempo transcurrido entre mediciones, se muestran en la Tabla 12 los días a partir de la siembra que han transcurrido en cada medición.

**Tabla 12**  
Días transcurridos entre mediciones  
a partir de la fecha de siembra

No. de Medición	Días
1	13
2	22
3	29
4	36
5	43
6	51
7	57

Para facilitar la visualización del comportamiento de los tratamientos sobre los parámetros morfométricos estudiados se presentan en las Figuras 7 a 16 los valores obtenidos de cada variable medida para cada tratamiento en el transcurso de las siete mediciones. Para esto se promediaron los valores obtenidos de las repeticiones en cada tratamiento y separando cada parámetro; las gráficas de puntos permiten visualizar el comportamiento de cada tratamiento a lo largo de cada medición y los diagramas de barras con sus respectivas barras de error permiten comparar las diferencias que existen entre los tratamientos. Las Tablas donde se organizó la información se encuentran en el anexo B.

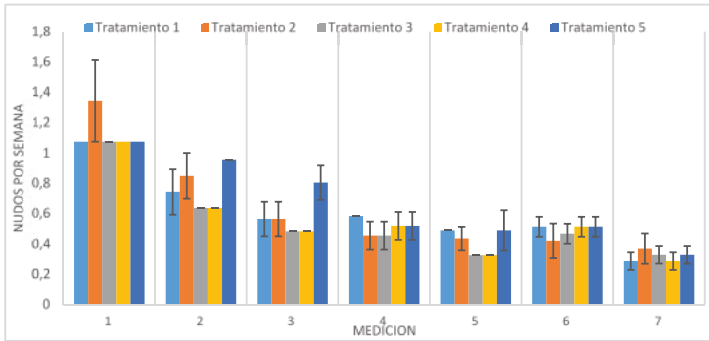
Al momento de hacer las primeras mediciones se notó una tendencia por parte de las plantas de maíz a perder sus hojas más jóvenes, remplazándolas por nuevas hojas, al perder dichas hojas consecuentemente el nudo en esa sección del tallo quedaba imperceptible haciendo que la mayoría de las plantas tuviera un número constante de nudos. Al transcurrir las mediciones, y con esto el número de semanas, la relación nudos/semanas tendía a disminuir como se ve en la Figura 7.



**Figura 7**  
Comportamiento promedio nudos por semana

Fuente: Autores

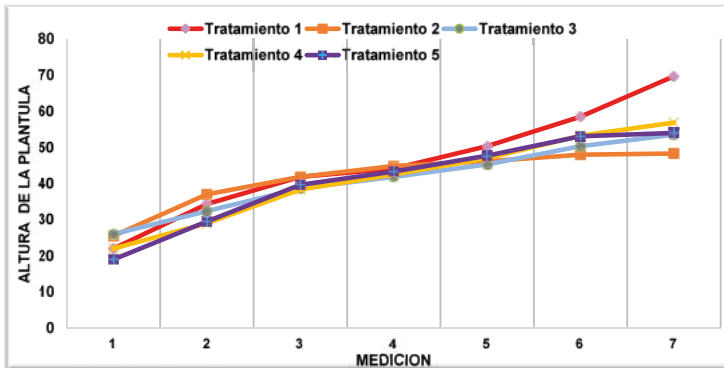
En muchas ocasiones los nudos/semana de todas las plantas de un mismo tratamiento eran el mismo, por lo que las desviaciones estándar en dichas mediciones resultaban en 0; esto se evidencia en las barras de error de la Figura 8.



**Figura 8**  
Histograma del comportamiento promedio  
de la tasa de avistamiento de hojas

Fuente: Autores

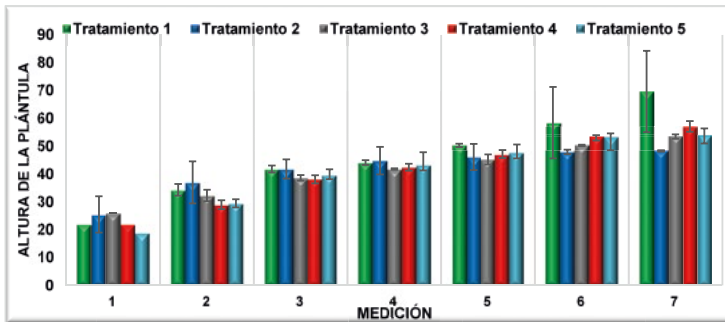
El efecto de los tratamientos sobre la altura de la plántula no parece tener alguna incidencia, sino hasta las dos últimas mediciones, donde destaca el tratamiento 1, Figura 9.



**Figura 9**  
Comportamiento promedio altura de la plántula

Fuente: Autores

Sin embargo, al ver las barras de error en la Figura 10 se observa una desviación lo suficientemente grande como para que este dato no se diferencie de los tratamientos 4 y 5. Esta gran desviación se debe a que una de las plantas del tratamiento 1 presentó un desarrollo muy superior pero no puede atribuirse al tratamiento utilizado ya que ninguna de las otras plantas del mismo tratamiento tuvo un comportamiento similar.



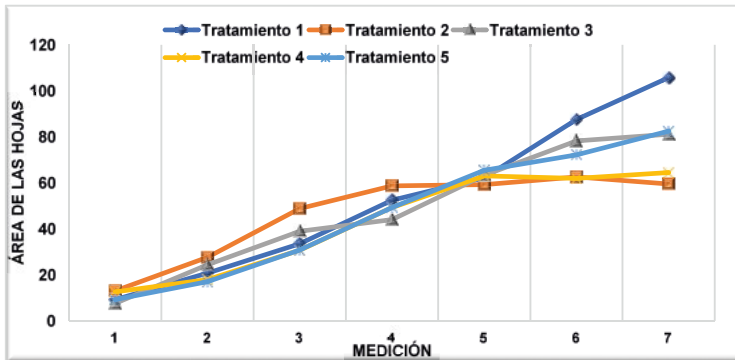
**Figura 10**

Histograma del comportamiento promedio altura de la plántula

Fuente: Autores

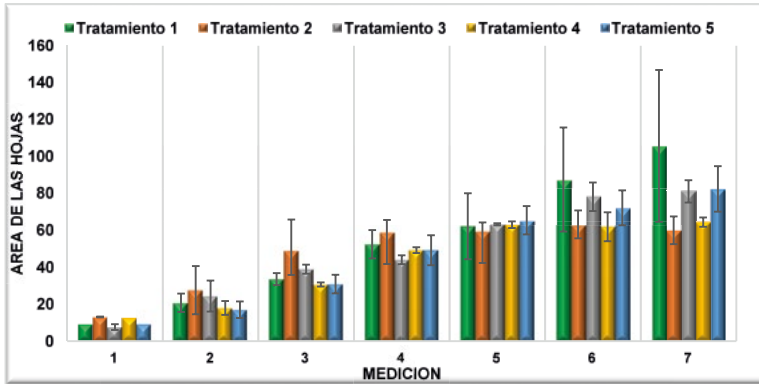


El efecto de los tratamientos sobre el área de las hojas fue muy similar al de la altura de la plántula, (Figura 11) diferenciándose nuevamente el tratamiento 1 en las dos últimas mediciones. El comportamiento lineal y correlacionado que tienen estas dos variables (altura de la plántula y área de las hojas) las convierten en los dos mejores factores para evaluar la dinámica de crecimiento de las plantas de maíz.



**Figura 11**  
Comportamiento promedio área de las hojas  
Fuente: Autores

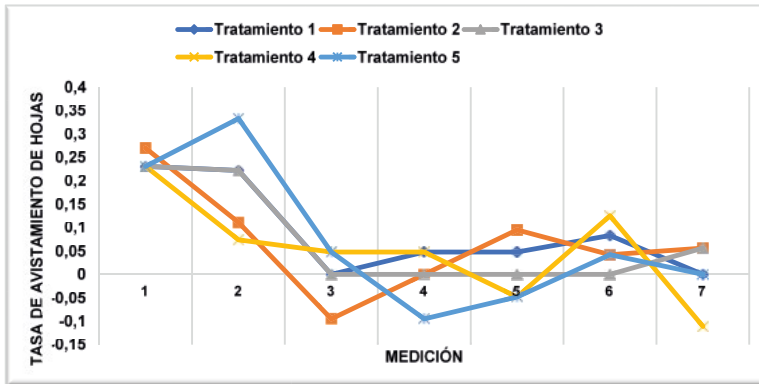
En la Figura 12 se puede notar un aumento en el área de las hojas para los tratamientos 1, 3 y 5 durante las mediciones 6 y 7. Pero nuevamente parece ser un efecto ajeno a los tratamientos puesto que los tratamientos 1, 3 y 5 están compuestos por 0 %, 50 % y 100 % de suelo asociado a los nidos de las hormigas.



**Figura 12**  
Histograma del comportamiento promedio área de las hojas

Fuente: Autores

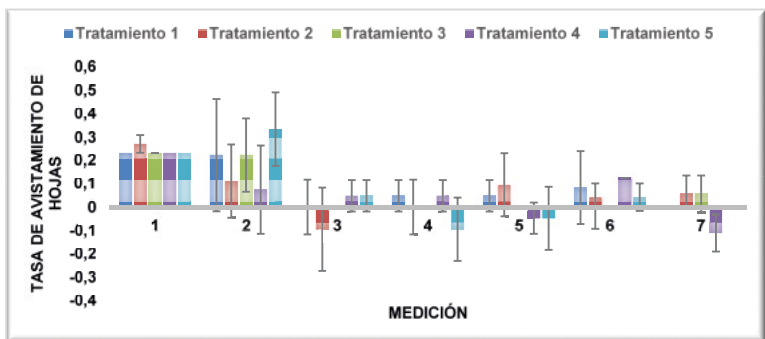
Al igual que en la medición de nudos/semana, la pérdida de hojas en las plantas de maíz ocasionó que, durante los lapsos de mediciones de la tasa de avistamiento de hojas, Figura 13, se obtuvieran datos tanto positivos como negativos y en algunos casos nulos (cero), ya que la naturaleza de esta variable es dada por el número de hojas/día. Esto da como resultado un valor positivo cuando hay un aumento del número de hojas, negativo cuando hay una disminución de hojas (Tasa de pérdida de hojas) y cero cuando el número de hojas permanece igual.



**Figura 13**  
Comportamiento promedio tasa de avistamiento de hojas

Fuente: Autores

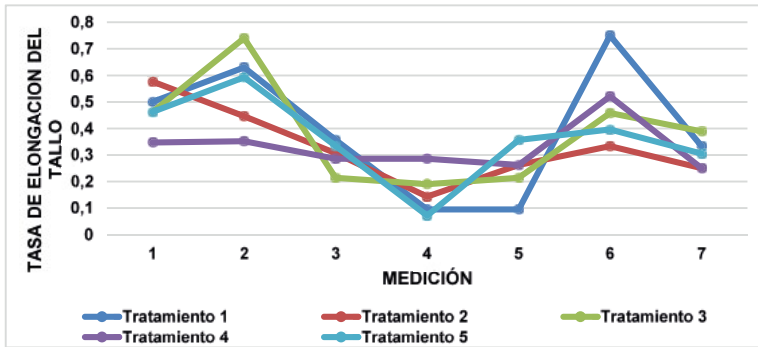
La pérdida de las hojas dentro de la dinámica de crecimiento de las plantas hace de esta variable una forma poco eficiente para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de las plantas, puesto que el brote y la pérdida de hojas no solo responde a las condiciones físicas y químicas del suelo, sino a los factores ambientales y genéticos de las plantas, pudiendo tener cada planta una respuesta distinta a cada factor. Esto se evidencia en las barras de error de la Figura 14 donde se observa que en las plantas de cada tratamiento, en algunas se presentaban pérdidas de hojas, ganancia de hojas o el mantenimiento del mismo número de hojas. Como resultado se tiene grandes desviaciones estándar.



**Figura 14**  
Histograma del comportamiento promedio  
tasa de avistamiento de hojas

Fuente: Autores

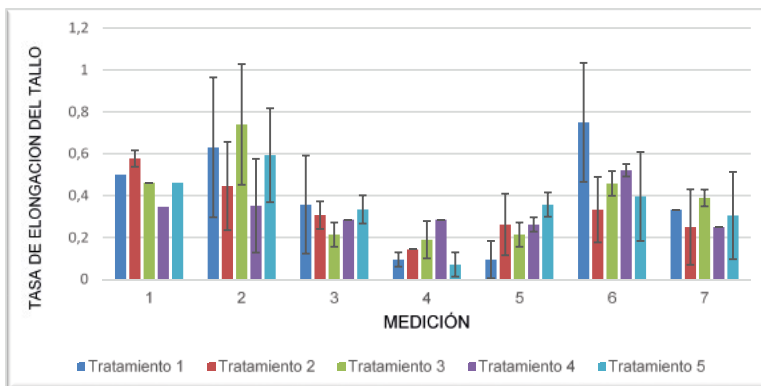
La tasa de elongación del tallo tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos (Figura 15). Se observa un valor alto entre la medición 1 y 2, luego un descenso entre la medición 2 y 4, entre las mediciones 4 y 5 se dio una etapa de transición para volver a aumentar en la medición 6 y finalmente disminuir en la medición 7.



**Figura 15**  
Comportamiento promedio tasa de elongación del tallo

Fuente: Autores

El comportamiento de la tasa de elongación del tallo indica la velocidad a la que se estira el tallo por día (cm/día) a diferencia de la variable anterior; en este caso el tallo nunca disminuirá su tamaño por lo que nunca se encontrarían datos negativos, ni nulos (cero). La disminución de estos valores en la medición 4 se podría explicar como una etapa de adaptación que todas las plantas presentaron como respuesta posiblemente al cambio ambiental (las lluvias cesaron) para luego restablecer su velocidad de crecimiento a valores normales. La Figura 16 muestra que ninguno del tratamiento tuvo diferencias significativas.



**Figura 16**  
Histograma del comportamiento promedio  
tasa de elongación del tallo

Fuente: Autores

### Índice de área foliar

Las hojas son de gran importancia en el proceso de obtención de alimento de las plantas de maíz, la fotosíntesis. Por lo tanto, el área que cubren las hojas de las plantas, área foliar, es un gran indicativo de qué tan sana está una planta de maíz, ya que, por ejemplo, cuando hay un abastecimiento subóptimo de nutrientes de parte del suelo o una absorción baja de nutrientes de

parte de las plantas, las hojas no crecen de buena forma. Este dato fue hallado a partir de la fórmula citada en la metodología de área foliar y los datos de medición *in situ* que se requerían, para esto (largo y ancho de la hojas) fueron tomados por los autores con ayuda de un calibrador; el dato de área foliar está organizado por tratamiento en la Tabla 13.

**Tabla 13**  
Área foliar por tratamiento en m<sup>2</sup> en las mediciones realizadas

Medición	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
1	0,0009267	0,0013125	0,0007642	0,001265	0,00093
2	0,002075	0,0027636	0,0024411	0,0017995	0,001706
3	0,0033555	0,0048874	0,0038989	0,00307	0,0030868
4	0,0052478	0,0058739	0,0044067	0,0049313	0,0049255
5	0,0062246	0,0059286	0,0063294	0,0063078	0,00655
6	0,0087606	0,0062582	0,0078234	0,0061988	0,0072208
7	0,0105758	0,0059528	0,008115	0,0064475	0,0082478

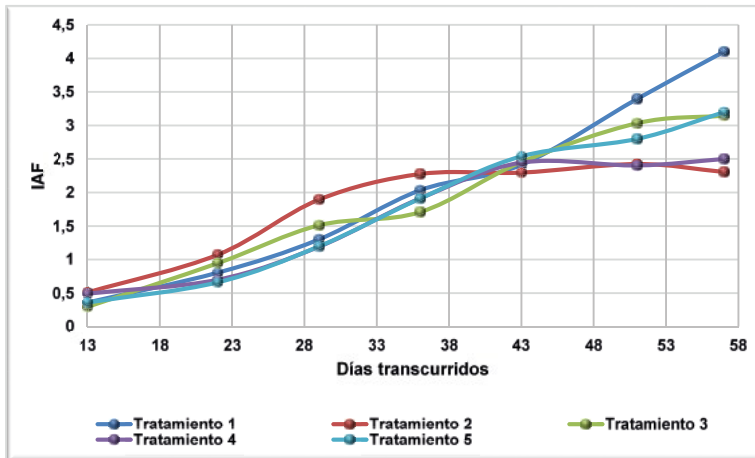
El Índice de Área Foliar (IAF) es la expresión numérica adimensional producto del cociente aritmético del área foliar de un cultivo en m<sup>2</sup>, y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también en m<sup>2</sup>. El IAF permite dar una estimación del potencial de fotosíntesis de las plantas, ayudando a entender la eficiencia bioenergética, el desarrollo, el crecimiento y rendimiento de un cultivo bajo condiciones determinadas<sup>1</sup>, es por esto por lo que

<sup>1</sup> INTAGRI. El índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz [En línea]. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf> [citado el 10 de enero de 2017].

fue calculado siguiendo la fórmula citada en la metodología, para cada tratamiento como se muestra en la Tabla 14 y graficado vs. el número de días transcurridos para mejorar el análisis y comprensión, como se muestra en la Figura 17.

**Tabla 14**  
Índice de Área Foliar (IAF) ordenado por tratamiento

IAF						
Medición	Días	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
1	13	0,35918605	0,50872093	0,29620155	0,49031008	0,360465116
2	22	0,80426357	1,07116279	0,94616279	0,69748062	0,66124031
3	29	1,3005814	1,89434109	1,51120155	1,18992248	1,196434109
4	36	2,03403101	2,27670543	1,70802326	1,91135659	1,909108527
5	43	2,41263566	2,29790698	2,45325581	2,44488372	2,53875969
6	51	3,3955814	2,42565891	3,03232558	2,40263566	2,79875969
7	57	4,00914729	2,30728682	3,14534884	2,49903101	3,196821705



**Figura 17**  
Comportamiento promedio del Índice de Área Foliar (IAF) por tratamiento del cultivo de maíz objeto de estudio

Fuente: Autores



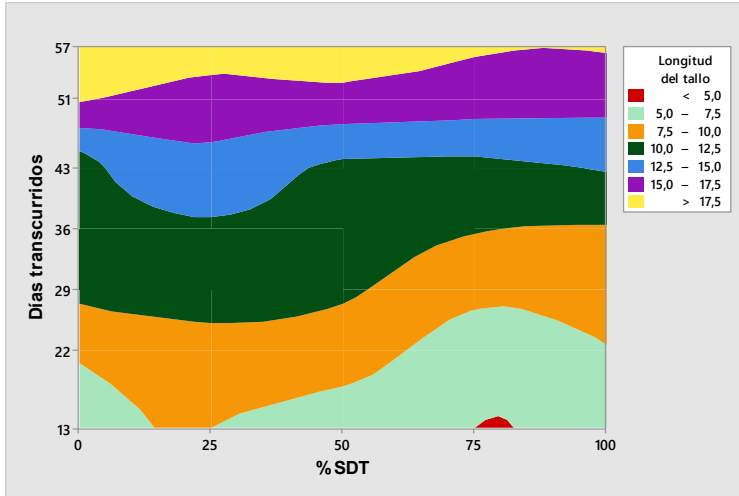
Al momento de dar por culminado el experimento, momento relativamente cercano a la floración, se da una gran diferencia en el IAF del tratamiento No.1 con respecto del resto de tratamientos (Figura 17). A partir de las directrices teóricas de las diferentes bibliografías consultadas se puede decir que esta diferencia en el IAF trae como consecuencia una discrepancia en la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) por lo que se podría pensar que las plantas del tratamiento 1 tendrían una mayor aptitud para su crecimiento y desarrollo, hecho que se ve plasmado en la notoria diferencia en el crecimiento y rendimiento de la planta con T1R5 esta planta se destacó con respecto al resto.

Sin embargo, este efecto no puede atribuirse al tipo de tratamiento utilizado puesto que el resto de las plantas del tratamiento 1 (T1R1 y T1R3) no mostraron un crecimiento y desarrollo diferenciado entre tratamientos; esto significa que el buen desarrollo de la planta T1R5 debió ser influenciado por un factor externo a la investigación, como por ejemplo una aptitud genéticamente favorable en la semilla.

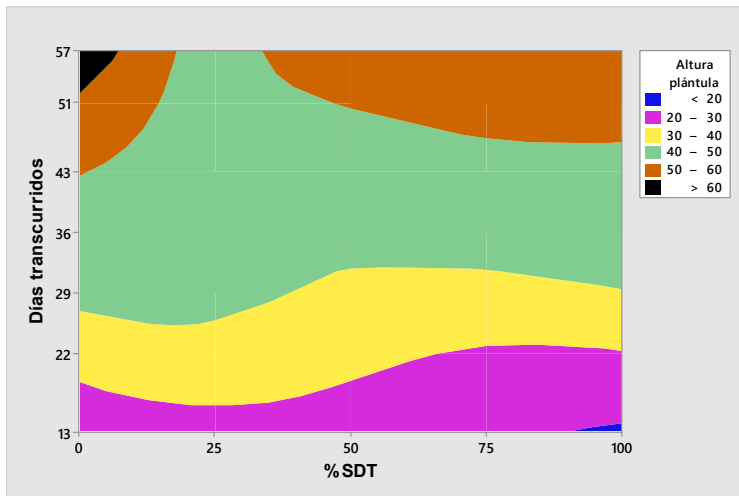
### **Gráficas de contorno para la altura de la plántula y la longitud del tallo**

Una buena forma de entender mejor el experimento en sí es mostrando la interacción entre las variables que explican simultáneamente de manera directa el crecimiento de las plantas. Debido a esto es válido sacar conclusiones a partir de cómo influyen las variables tiempo (días transcurridos) y porcentaje de suelo de tratamiento (%SDT) que es la variable crítica del experimento sobre la longitud del tallo y la altura de la plántula. En las siguientes Figuras (18 y 19) se muestra la afectación producida por la cantidad de suelo de tratamiento al ir transcurriendo el tiempo sobre la longitud del tallo y la altura de la plántula, respectivamente, es decir, sobre el crecimiento de la plántula a través de gráficas de contorno; además, su naturaleza

gráfica puede ayudar a dar conclusiones más intuitivas y más claras, hecho que mejora su capacidad explicativa. Estas gráficas fueron realizadas con el software estadístico Minitab 17.



**Figura 18**  
Gráfica de contorno de longitud del tallo vs. % SDT, Días  
Fuente: Minitab 17



**Figura 19**  
Gráfica de contorno de altura de la plántula vs. % SDT, Días  
Fuente: Minitab 17

En las gráficas anteriores (Figuras 18 y 19) se ve representado que no hay una tendencia definida de crecimiento de las plantas, es decir, no hay medida clara de que al cambiar los valores de suelo de tratamiento transcurriendo el tiempo se va a afectar en una proporción determinada el crecimiento de las plantas.

### **Análisis de componentes principales**

Para el análisis de componentes principales se organizaron todos los datos obtenidos de las mediciones de los parámetros morfométricos en una única Tabla (Anexo C). De esta forma el análisis albergará información de todas las variables, muestras y mediciones. Esto es conveniente ya que este tipo de análisis permite obtener información esencial a partir de grandes volúmenes de datos.

Debido a que las variables analizadas brindan información en diferentes unidades (nudos/semana, cm, cm<sup>2</sup>, hojas/día, cm/día), es necesario realizar el análisis a partir de la matriz de correlaciones (Anexo C), que relaciona la correlación que existe entre cada una de las variables. Esto quiere decir que se realizó un análisis de componentes principales normalizado.

Al ser cinco las variables medidas originalmente (nudos/semana, altura de la plántula, área de las hojas, tasa de avistamiento de hojas y tasa de elongación del tallo) se obtiene un nuevo conjunto de cinco variables, resultado de las combinaciones lineales de las variables principales (sin ocasionar pérdida de información), denominadas componentes principales. La Figura 20 muestra un resumen del análisis, con los valores propios de cada compo-

nente principal; la proporción de la varianza explicada para cada uno de ellos y la varianza acumulativa

```
> summary(ACP)
Importance of components:
              PC1    PC2    PC3    PC4    PC5
Standard deviation  1.819 0.9455 0.69442 0.44457 0.34046
Proportion of Variance 0.662 0.1788 0.09644 0.03953 0.02318
Cumulative Proportion 0.662 0.8408 0.93729 0.97682 1.00000
```

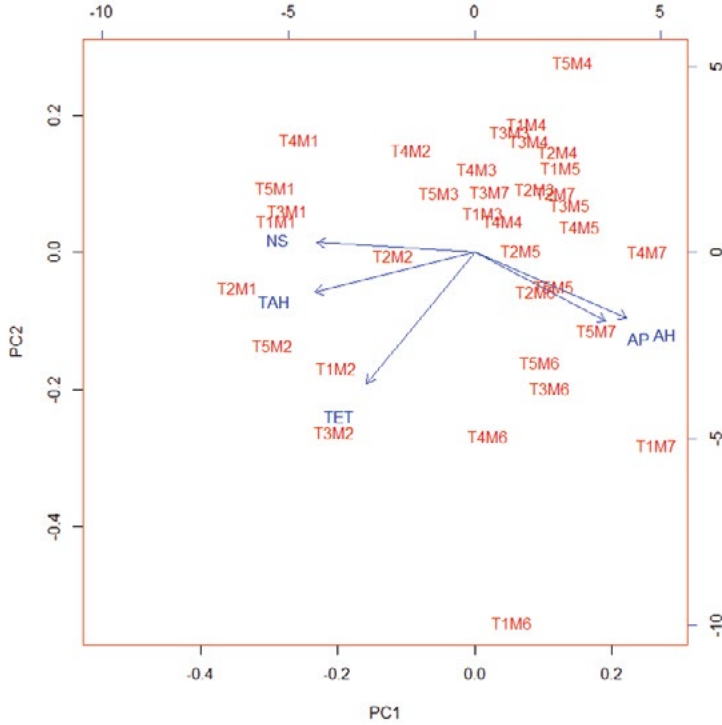
**Figura 20**  
Resumen análisis de componentes principales

Fuente: RGui (32-bit)

Las dos primeras componentes (PC1 y PC2) representan el 84 % de la varianza total por lo que se puede hacer una representación biplot, la Figura 21 presenta las coordenadas de todas las muestras estudiadas sobre los dos ejes principales (PC1 Y PC2) además de las coordenadas de las variables representadas por vectores.

En el gráfico se observan las direcciones de los vectores de cada variable medida; estas direcciones se asocian a la correlación que tiene cada variable respecto al resto de variables, a las muestras dispersas y esencialmente a los componentes principales (PC1 y PC2).

En el eje positivo de PC1 encontramos los vectores de AP y AH (altura de la plántula y área de la hoja respectivamente), esto significa que tienen una correlación positiva con PC1; al ser el componente responsable de explicar 66 % de la variabilidad, se determina que las variables AP y AH son los factores más determinantes a la hora de diferenciar los tratamientos. Además, como estos dos vectores se encuentran relativamente cerca el uno del otro se puede decir que hay una alta correlación entre ellos.



**Figura 21**  
Gráfica de las 15 muestras sobre  
los dos primeros componentes principales (biplot)

Fuente: RGui (32-bit)

En el eje positivo de PC2 se encuentra la variable NS (nudos/semana), esto indica que existe una correlación positiva entre PC2 y NS; sin embargo, el vector NS tiene una dirección cercana al punto 0.0 del eje PC2. Esto significa que a pesar de tener una correlación positiva con PC2 dicha correlación es muy baja, lo que sumado que PC2 solo explica aproximadamente el 18 % de la variabilidad se determina que NS no es un factor muy significativo para diferenciar los tratamientos. El resto de las variables

parece no tener un peso suficiente como para poder ser significativo al momento de diferenciar los tratamientos.

Respecto a la distribución de los tratamientos, se observa una gran dispersión de las muestras en todo el gráfico, concentrándose la mayor cantidad en el eje positivo de PC1. Al no haber ninguna agrupación de algún tratamiento, sino por el contrario, al encontrarse dispersas aleatoriamente se puede determinar que no hay ninguna tendencia de ningún tratamiento distinto al resto, puesto que si hubiese un tratamiento suficientemente diferenciado todas o la gran mayoría de las mediciones de dicho tratamiento tuvieran una tendencia a agruparse hacia algún vector en el gráfico.

Una última observación importante puede ser el hecho de que las mediciones 1 y 2 de todos los tratamientos se encuentran en el eje negativo de PC1, esto podría explicarse debido a que, durante esas mediciones, las variables tuvieron un comportamiento lineal y correlacionado entre sí, antes de perder esa linealidad en las siguientes mediciones, lo que ocasionó una tendencia de dichas muestras a esas variables descartadas.

### **Análisis de varianza**

A partir de los datos obtenidos, en los gráficos del comportamiento de los datos y el análisis de componentes principales, se observa que los parámetros indicados para evaluar el crecimiento del maíz son la altura de la plántula y el área de la hoja; además, se puede decir que ninguno de los tratamientos tuvo más importancia que los otros en los resultados obtenidos, pero

nada claro sobre este tema, esto solo puede hacerse claro con un análisis de varianza (ANOVA). Este evaluará la importancia de los tratamientos al comparar las medias de altura en los diferentes niveles de los factores, tomando en cuenta los días transcurridos en el experimento, es decir, dirá claramente si hay diferencia significativa desde el punto de vista estadístico entre los tratamientos, teniendo en cuenta el grado de esta. Para poder realizar un análisis de varianza ANOVA, es necesario que los datos cumplan una serie de requisitos fundamentales: los datos deben tener una distribución normal y todas las poblaciones deben presentar homocedasticidad.

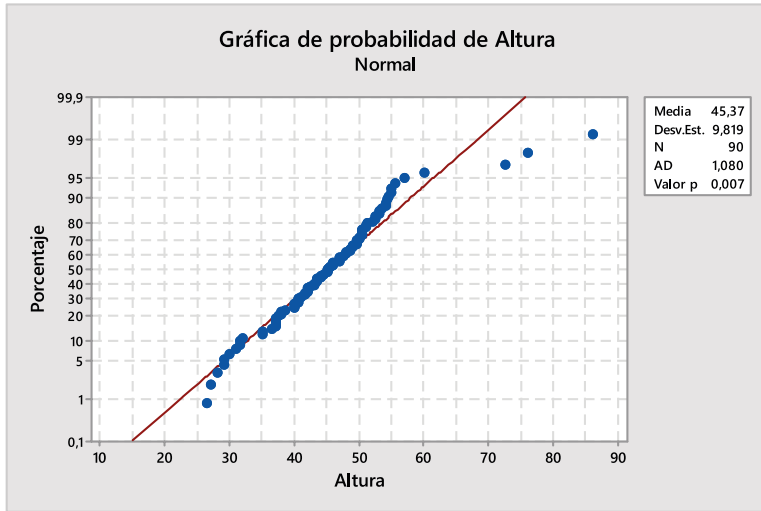
La homocedasticidad se presenta cuando las poblaciones evaluadas tienen las mismas varianzas. Para evaluar la homocedasticidad, los datos de la altura de la plántula y el área de la hoja fueron sometidos al test de Levene, que contrasta la hipótesis nula ( $H_0 =$  todas las varianzas son iguales) contra la hipótesis alternativa ( $H_a =$  Al menos una de las varianzas es distinta). Como resultado se tiene que para todas las mediciones tanto para la altura de la plántula como para el área de la hoja presentan valores-p superiores al valor crítico de 0,05, evidente en el Anexo D. Por lo tanto, se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_a$ . Lo anterior indica que, aunque las muestras presenten errores estadísticos diferentes entre sí, esto solo se puede atribuir a un efecto aleatorio; además, es muy probable que las posibles fuentes de variación sean las mismas y afecten a todas las poblaciones.

Se realizó una prueba de normalidad Anderson-Darling para verificar que los datos obtenidos cumplieren con los supuestos

de normalidad. Las variables que se usaron fueron altura de la plántula y área de la hoja debido a ser las más relevantes en la evaluación del crecimiento del maíz; en los dos casos (altura y área) los datos cumplieron con los supuestos de normalidad, debido a tener valores p mayores al nivel de significancia usado (0,05), 0,007 y 0,070 respectivamente.

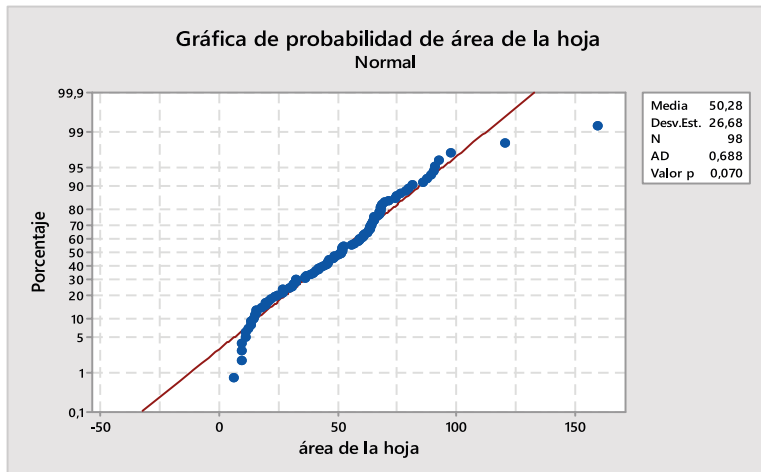
Además, las gráficas referenciadas en las Figuras 22 y 23, muestran una ubicación razonablemente cercana de la línea de los datos obtenidos (puntos) a la línea de referencia (línea), la cual es la línea indicadora de la distribución normal de los datos, hecho que indica que los datos de estas variables siguen una distribución normal. Esto está por una prueba de Grubbs y una gráfica de valores atípicos para cada variable que indican una probabilidad del 45,9 % de obtener un valor mínimo de altura como el logrado en este experimento y un 86,9 % para el de longitud del tallo (Anexo E). Asimismo, el valor G obtenido en las pruebas de Grubbs para la altura de la plántula (2,39) es menor que el G (tabulado del Anexo F) para este nivel de confianza y este número de pruebas (2,171), lo cual indica que no hay ninguno que se considere atípico estadísticamente para esta variable. Según la literatura consultada, para el caso del área de la hoja hubo un solo valor atípico atribuido al tratamiento T1R5 y por lo tanto el valor G fue mayor que el tabulado para esta variable; esto solo indica la diferencia en el desarrollo de la planta atribuida a este tratamiento en particular. Estas pruebas fueron hechas con el software Minitab 17.





**Figura 22**

Resultados prueba de normalidad Anderson-Darling y gráfica de probabilidad normal para los datos obtenidos de altura de la plántula



**Figura 23**

Resultados prueba de normalidad Anderson-Darling y gráfica de probabilidad normal para los datos obtenidos de área foliar

En siguientes Tablas, de la 15 a la 28, se muestran los datos del ANOVA de las mediciones de altura (Tablas 15-21) y área de la hoja (Tablas 22-28) usando el software estadístico Minitab, respectivamente en todas las mediciones. Para esto, se tomó como hipótesis nula que todas las medias poblacionales de los tratamientos eran iguales ( $H_0:1=2=3=4=5$ ) y como hipótesis alterna que al menos una de estas difería de las otras y un nivel de significancia de  $=0,05$ , proponiendo igualdad de varianzas.

**Tabla 15**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura  
de la plántula el 3 de noviembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	46,93	11,73	0,26	0,881
Error	2	89	44,50		
Total	6	135,93			

Fuente: Autores

**Tabla 16**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura  
de la plántula el 12 de noviembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	134,6	33,65	1,59	0,252
Error	10	211,8	21,18		
Total	14	346,4			

Fuente: Autores

**Tabla 17**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
de altura de la plántula el 19 de noviembre de 2016

Información del factor						
Factor	Niveles	Valores				
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5				
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tratamientos	4	40,77	10,192	1,74	0,218	
Error	10	58,67	5,867			
Total	14	99,43				

Fuente: Autores

**Tabla 18**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
de altura de la plántula el 26 de noviembre de 2016

Información del factor						
Factor	Niveles	Valores				
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5				
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tratamientos	4	17,67	4,417	0,31	0,862	
Error	10	140,67	14,067			
Total	14	158,33				

Fuente: Autores

**Tabla 19**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura  
de la plántula el 2 de diciembre de 2016

Información del factor						
Factor	Niveles	Valores				
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5				
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tratamientos	4	44,61	11,15	0,99	0,454	
Error	10	112,10	11,21			
Total	14	156,71				

Fuente: Autores

**Tabla 20**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
de altura de la plántula el 11 de diciembre de 2016

Información del factor						
Factor		Niveles	Valores			
Tratamientos		5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tratamientos	4	196,1	49,03	0,98	0,460	
Error	10	499,6	49,96			
Total	14	695,7				

Fuente: Autores

**Tabla 21**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
de altura de la plántula el 17 de diciembre de 2016

Información del factor						
Factor		Niveles	Valores			
Tratamientos		5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tratamientos	4	578,2	144,54	2,13	0,152	
Error	10	679,3	67,93			
Total	14	1257,5				

Fuente: Autores

**Tabla 22**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área  
de la hoja el 3 de noviembre de 2016

Información del factor						
Factor		Niveles	Valores			
Tratamientos		5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tratamientos	4	42,084	10,5209	3,1655	0,1855	
Error	3	9,971	3,3236			
Total	7	52,055				

Fuente: Autores

**Tabla 23**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
del área de la hoja el 12 de noviembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles		Valores		
Tratamientos	5		T1. T2. T3. T4. T5		
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	236,00	58,999	0,6544	0,637
Error	10	901,59	90,159		
Total	14	1137,59			

Fuente: Autores

**Tabla 24**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
del área de la hoja el 19 de noviembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles		Valores		
Tratamientos	5		T1. T2. T3. T4. T5		
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	699,88	174,970	1,7587	0,2137
Error	10	994,88	99,488		
Total	14	1694,76			

Fuente: Autores

**Tabla 25**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
del área de la hoja el 26 de noviembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles		Valores		
Tratamientos	5		T1. T2. T3. T4. T5		
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	347,33	86,832	1,6027	0,2481
Error	10	541,77	54,177		
Total	14	889,1			

Fuente: Autores

**Tabla 26**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
del área de la hoja el 2 de diciembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	60,59	15,147	0,1238	0,9706
Error	10	1223,75	122,375		
Total	14	1284,34			

Fuente: Autores

**Tabla 27**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
del área de la hoja el 11 de diciembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	1410,0	352,51	1,0953	0,4102
Error	10	3218,3	312,83		
Total	14	4628,3			

Fuente: Autores

**Tabla 28**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
del área de la hoja el 17 de diciembre de 2016

Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
Tratamientos	5	T1. T2. T3. T4. T5			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	3967,1	991,76	1,691	0,2279
Error	10	5864,9	586,49		
Total	14	6451,39			

Fuente: Autores

**Tabla 29**  
Análisis de varianza de los datos obtenidos  
de altura de la plántula

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	VALOR DE P
DÍA 1	4	46,93	11,73	0,26	0,881
DÍA 2	4	134,6	33,65	1,59	0,252
DÍA 3	4	40,77	10,192	1,74	0,218
DÍA 4	4	17,67	4,417	0,31	0,862
DÍA 5	4	44,61	11,15	0,99	0,454
DÍA 6	4	196,1	49,03	0,98	0,460
DÍA 7	4	578,2	144,54	2,13	0,152

Fuente: Autores

**Tabla 30**  
Análisis de varianza de los datos  
obtenidos del área de la hoja

FACTOR	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	VALOR DE P
DÍA 1	4	42,084	10.5209	3,1655	0,1855
DÍA 2	4	236,00	58.999	0,6544	0,637
DÍA 3	4	699,88	174.970	1,7587	0,2137
DÍA 4	4	347,33	86.832	1,6027	0,2481
DÍA 5	4	60,59	15.147	0,1238	0,9706
DÍA 6	4	1410,0	352.51	1,0953	0,4102
DÍA 7	4	3967,1	991.76	1,691	0,2279

Fuente: Autores

A partir de los resultados obtenidos en los ANOVA realizados en todos los casos, principalmente en el valor ( $p >$ ) y el valor F que mide la diferencia entre varianzas ( $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabulado}}$ ), se puede decir –en términos estadísticos– que se acepta la hipótesis nula que las medias poblacionales de altura y área de la hoja son iguales en los distintos tratamientos, es decir, a un nivel de significancia de 0,05, las medias poblacionales de los paráme-

tros de altura y área, respectivamente no son significativamente diferentes teniendo en cuenta cada tratamiento y además estos resultado son significativos estadísticamente hablando. Es decir, en términos coloquiales los valores de las variables que mejor evalúan el crecimiento del maíz (altura de la plántula y área de la hoja) fueron independientes del tratamiento empleado, además, la poca dispersión entre los datos y teniendo en cuenta el valor F se indica falta de error tipo I. Para obtener conclusiones a partir del valor F se utilizó la tabla de valores críticos de la distribución F a una significancia de 0,05 referenciada en el Anexo G.





## CONCLUSIONES

---

En el proceso de este proyecto se estudió el efecto del suelo de nidos de *A. rugosus* en el crecimiento de *Zea mays* L. en la reserva campesina La Montaña, teniendo en cuenta factores influyentes en ese proceso.

Se realizó la siembra exitosamente, pero se determinó que las abundantes precipitaciones tuvieron una influencia negativa sobre la germinación de las semillas, por lo que solo se hizo seguimiento a 3 plantas por tratamiento, para un total de 15 plantas en el transcurso de la investigación.

El índice de área foliar es una herramienta adecuada para estimar la aptitud para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Los tratamientos 1, 3 y 5 alcanzaron un IAF superior a 3 en el lapso de las últimas dos mediciones; sin embargo, no puede atribuirse a la influencia del suelo de las hormigas debido a que los tratamientos están constituidos por 0 % 50 % y 100 % de suelo de nidos (SDT) respectivamente. Además, teniendo en cuenta la variación del tiempo, el porcentaje de suelo de tratamiento y los parámetros, altura de la plántula y longitud del tallo, no se evidencia relación entre el contenido de suelo de nidos (SDT) y el crecimiento de las plantas.

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que las variables más relevantes para evaluar el crecimiento del maíz fueron la altura de la plántula y el área foliar; debido a esto fueron los parámetros escogidos para realizar los análisis de varianza. Además, no se apreció ninguna tendencia de los tratamientos hacia alguna de las variables estudiadas. También, los datos obtenidos a partir de las mediciones de los parámetros establecidos presentaron normalidad estadística y homocedasticidad, por lo que fueron sometidos a análisis de varianza, ANOVA; sin embargo, ninguno de los tratamientos presentó una diferencia significativa en ninguna de las mediciones.

En la época que se realizó esta investigación, época de abundantes precipitaciones y con condiciones geográficas de bosque seco tropical, el suelo de nidos *A. rugosus* no afectó significativamente la dinámica de crecimiento del maíz con respecto al suelo ausente de nido.

## RECOMENDACIONES

---

A partir de los resultados obtenidos, la experiencia conseguida y con el ánimo de garantizar que este trabajo de grado sea un gran aporte a la sociedad en un futuro cercano, se pueden registrar las siguientes recomendaciones:

- Con el objeto de ampliar y mejorar los resultados obtenidos en este experimento se recomienda que este tema sea objeto de estudio para investigaciones futuras promoviendo el trabajo interdisciplinario, especialmente entre la biología y la ingeniería agroindustrial para llevar a cabo más experimentos de este tipo.
- Realizar el cultivo a escala piloto en un ambiente controlado (invernadero) donde se haga un control estricto sobre todos los factores influyentes, especialmente sobre el abastecimiento de agua, el control de plagas y la pérdida de hojas, además de utilizar para la siembra bolsas de mayor tamaño para evitar que el desarrollo radicular de las plantas se vea limitado por el espacio que proveen.
- Recopilar más información acerca de los nidos con el fin de obtener resultados mucho más específicos y que ayuden a establecer otros posibles factores influyentes sobre el suelo, sobre las plantas sembradas con este suelo.

- Efectuar repeticiones de tratamientos con suelo de los nidos de *A. Rugosus* y suelo de diferentes procedencias para así obtener resultados con mayor significancia.
- Realizar el estudio a todo el ciclo de vida de la planta, es decir, hasta obtener el fruto, el cual debería ser analizado fisicoquímicamente con el fin de determinar diferencias significativas en el contenido nutricional del maíz. Además, aplicarle procesamiento industrial y comparar los resultados con frutos obtenidos en suelos sin nido con el fin de establecer posibles consecuencias al fruto, por ejemplo, diferencias en la resistencia a molienda, tolerancia a tratamientos térmicos, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABRIL, A. B. & BUCHER, E. H. (2003). Nutritional sources of the fungus cultured by leaf-cutting ants. *Applied Soil Ecology*, 26(3), 243-247.
- ALDRICH, S. R., SCOTT, W. O. & HOEFT, R. G. (1986). *Modern corn production* (3ª edición). Champaign, Illinois, EUA: A y L Publications, Inc.
- ALEXANDRINO, E., NASCIMENTO, D. J., MOSQUIM, P. R., REGAZZI, A. J. & CIPRIANO, R. F. (2004). Características Morfogênicas e Estruturais na Rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida a Três Doses de Nitrogênio. En *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6), 1372-1379.
- ALONSO, L. E. (2000). Ants as indicators of diversity. En D. Agosti, J. Majer, L. Alonso, L. & T. Shultz (eds.), *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (p.304). Washington, EUA: Smithsonian Institution Press.
- ANDERSEN, A. N. & MAJER, J. D. (2004). Ants show the way DownUnder: Invertebrates as bioindicators in land management. In *Frontiers in Ecology and Environment*, 2(6), 291-298.
- ANFFE - Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (2009). *Guía práctica de la fertilización de los cultivos en España* (Vol. I). Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

- BAENA, M. L. & ALBERICO, M. (1991). Relaciones biogeográficas de las hormigas de la isla Gorgona. *Revista Colombiana de Entomología*, 17(2), 24-31.
- BOLTON, B. (2007). Taxonomy of the dolichoderine ant genus *technomyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) Recovered of: based on the worker caste. *Contributions of the American Entomological Institute*, 35, 1-150.
- BOUYOUCOS, G. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. In *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
- BURGOS, L. & DÍAZ, A. (2014). *Germinación y crecimiento de maíz (Zea mays L.) en presencia de campos electromagnéticos generados por líneas de tensión*. Barranquilla, Atlántico: Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial.
- CURRIE, C. R, SCOTT, J., SUMMERBELL, R. & MALLOCH, D. (1999). Fungus-growing ant use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. In *Nature*, 398(6729), 701-704.
- CHERRET, J. M., POWELL, R. J. & STRADLING, J. D. (1989). The mutualism between leaf-cutting ant and their fungus. In N. Wilding, N. M. Colling & J. F. Webber (eds.), *Insect fungus Interactions* (pp.93-120). London: Academic Press.
- FAJARDO, L., GONZÁLES, V., NASSAR, J., LACABANA, P., PORTILLO, C. A., CARRASQUEL, F. & RODRÍGUEZ, J. P. (2005). Tropical dry forest of venezuela: Characterization and current conservation status. *Biotropica*, 37(4), 531-546.
- FARGI-BRENER, A. G. & GHERMANDI, L. (1999). Influence of nests of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. *Journal of Vegetation Science*, 11(3), 453-460.

- FENALCE - Federación Nacional de Cerealeros de Colombia (2010). El cultivo de maíz historia e importancia. *El Cerealista*, 10-19.
- FENALCE - Federación Nacional de Cerealeros de Colombia. *Maíz*. [En línea] Citado el 25 de febrero de 2016. [http://www.fenalce.org/nueva/amplia\\_cont\\_idioma.php?id=138178b-26823fe21d5ce72c0b1767f36&hl=en&tab=nw&lightbox\[iframe\]=true&lightbox\[width\]=70p&lightbox\[height\]=80p](http://www.fenalce.org/nueva/amplia_cont_idioma.php?id=138178b-26823fe21d5ce72c0b1767f36&hl=en&tab=nw&lightbox[iframe]=true&lightbox[width]=70p&lightbox[height]=80p)
- FROUZ, J. & JILKOVA, V. (2008). The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). *Mymecol News*, 11(11), 191-199.
- FUSTER, E. (1974). *Botánica. Primera*. Buenos Aires, Argentina: Kapelusz.
- INTAGRI (2017). *El Índice de Área Foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz* [En línea] <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf> [citado el 10 de enero de 2017].
- JOUQUET, P., DAUBER, J., LAGERLÖF, J., LAVELLE, P. & LEPAGE, M. (2005). Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology*, 32, 153-164.
- LAVELLE, P., DECÄENS, T., AUBERS, M., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., ... ROSSI, J-P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(1), 3-15.
- MAJER, J. D. (1983). Ants: Bio-indicadores of minesite rehabilitation, land use and land conservation. *Environmental Management*, 7(4), 375-383.
- MERÍÑO, Y. & GARCÍA, L. (2014). Biomasa y actividad microbiana de suelos de los nidos de *Acromyrmex rugosus* en la Reserva



- Campesina La Montaña (RCM, Atlántico, Colombia). *Entomotrópica*, 29(3), 159-171.
- MILES, L., NEWTON, A. C., DE FRIES, R. S., RAVILIOUS, C., MAY, I., BLYTH, S., KAPOV, V. & GORDON, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491-505.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015). *MinAgricultura, productores e industria inician plan para aumentar productividad del maíz* [En línea] [citado el 26 de agosto de 2015] <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Aumentar-Productividad-Maiz.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). *En más de 600 mil toneladas se incrementó la producción de maíz en Colombia*. [En línea] [citado el 9 de enero de 2016] <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-m%C3%A1s-de-600-mil-toneladas-se-increment%C3%B3-la-producci%C3%B3n-de-ma%C3%ADz-en-Colombia.aspx>
- RICCELLI, M. (2000). *Mejoramiento genético y biotecnología, introducción a la genética del maíz. El maíz en Venezuela* (pp.77-93). Caracas, Venezuela: Fundación Polar.
- SANTOS, M. P., BALSALOBRE, A. M. A. & CORSI, M. (2004). Características Morfogenéticas e Taxa de Acúmulo de Forragem do Capim-Mombaça Submetido a Três Intervalos de Pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(4), 843-851.
- SAPOUNTZIS, P., ZHUKOVA, M., HANSEN, L. H., SØRENSEN, S. J., SCHIØTT, M. & BOOMSMA, J. J. (2015). *Acromyrmex Leaf-Cutting Ants Have Simple Gut Microbiota with Nitrogen-Fixing Potential*. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(16), 5527-5537.

- SOUSA-SOTO, L., DE JESUS, D., AMBROGI, B., DOS SANTOS, M., BRAGA, M. & RODRIGUES, E. (2011). Increased CO<sub>2</sub> emission and organic matter decomposition by leaf-cutting ant nests in a coastal environment. *Soil Biology & Biochemistry*, 44(1), 21-25.
- TINOCO, C., RAMÍREZ, A., VILLARREAL, E. & RUIZ, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México*, 34(3), 272.
- VALLEJO, V., ARBELIA, Z., TERANB, W., LORENZC, N., DICKC, R. & ROLDANA, F. (2012). Effect of land management and prosopis juliflora (Sw) DC Trees on soil microbial community and enzymatic activitis in intensive silvopastoral systems of Colombia. *Agricultura, Ecosystems And Environment*, 150, 139-148.
- VARGAS, M., PRINCE, S. & MARTÍNEZ, N. (2012). Estructura poblacional de *heliconius erato hydara hewitson*, 1867 (*lepidoptera: nymphalidae*) en la reserva campesina la montaña (rcm), departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 51, 273-281.
- VELÁZQUEZ, A., MAS, J. F., DÍAZ GALLEGOS, J. R., MAYORGA SAUCEDO, R., ALCÁNTARA, P. C., CASTRO, R., FERNÁNDEZ, T., BOCCO, G., EZCURRA, E. & PALACIO, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 1(62), 21-37.
- WAHUA, T. A. T. (1986). Leaf area development and nutrient uptake of Melon (*Colocynthis vulgaris*) intercropped with Maize (*Zea mays*). *Biol. Afr.*, 3, 15-20.
- WHITFORD, W., BARNES, G. & STEINBERGER, Y. (2008). Effects of three species of Chihuahuan desert ants on annual plants

and soil properties. *Journal of Arid Environments*, 72(4), 392-400.

WHITFORD, W., GINZBURG, O., BERG, N. & STEINBERGER, Y. (2012). Do long-lived ants affect soil microbial communities? *Biology and Fertility of Soils*, 48(2), 227-233.

WILSON, E. O. (1971). *The insect societies*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University.

# ANEXOS

---

## ANEXO A. FOTOGRAFÍAS DEL EXPERIMENTO



**Inspección preliminar**  
escogencia y preparación del terreno para el cultivo

Fuente: Autores



**Semillas de maíz blanco**  
ICA-V-156

Fuente: Autores



**Montaje del invernadero, donde se sembraría el cultivo de maíz objeto de investigación ubicado en la Reserva La Montaña, Atlántico.**

Fuente: Autores



**Realización de las mezclas de suelo  
y distribución en bolsas**

Fuente: Autores





**Siembra del cultivo destinado a la investigación  
con base en diseño completamente aleatorizado (DCA)**

Fuente: Autores



**Medición de parámetros**

Fuente: Autores





### **Inspección antiplagas**

Fuente: Autores



### **Riego del cultivo**

Fuente: Autores

## ANEXO B. TABLAS PARA LA INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS

Para cada tabla se tomaron los promedios de las repeticiones y se calculó la desviación estándar poblacional de los datos de cada tratamiento: M = mediciones, T = tratamientos.

Nudos por semana (n/s)														
	M1	±	M2	±	M3	±	M4	±	M5	±	M6	±	M7	±
T1	1,08		0,74	0,15	0,56	0,11	0,58	0,00	0,49	0,00	0,51	0,07	0,29	0,06
T2	1,34	0,27	0,85	0,15	0,56	0,11	0,45	0,09	0,44	0,08	0,42	0,11	0,37	0,10
T3	1,08	0,00	0,64	0,00	0,48	0,00	0,45	0,09	0,33	0,00	0,47	0,07	0,33	0,06
T4	1,08		0,64	0,00	0,48	0,00	0,52	0,09	0,33	0,00	0,51	0,07	0,29	0,06
T5	1,08		0,96	0,00	0,81	0,11	0,52	0,09	0,49	0,13	0,51	0,07	0,33	0,06

Altura de la plántula (cm)														
	M1	±	M2	±	M3	±	M4	±	M5	±	M6	±	M7	±
T1	22,00		34,33	2,10	41,83	1,25	44,17	0,85	50,33	0,62	58,50	12,85	69,67	14,63
T2	25,50	6,50	37,00	7,56	41,83	3,47	44,83	4,94	46,17	4,70	48,00	0,82	48,33	0,24
T3	26,00	0,00	32,33	2,06	38,67	1,03	41,83	0,24	45,27	1,84	50,33	0,24	53,50	0,82
T4	22,00		29,00	1,63	38,33	1,25	42,50	1,23	47,00	1,63	53,27	0,76	56,83	2,25
T5	19,00		29,50	1,47	39,67	2,06	43,33	4,50	47,70	2,98	53,07	1,55	54,00	2,45

Área de las hojas (cm <sup>2</sup> )														
	M1	±	M2	±	M3	±	M4	±	M5	±	M6	±	M7	±
T1	9,27		20,75	4,95	33,56	3,25	52,48	7,67	62,25	17,89	87,61	28,18	105,76	41,16
T2	13,13	0,23	27,64	13,07	48,87	16,99	58,74	6,93	59,29	5,00	62,58	8,18	59,53	8,04
T3	7,64	1,56	24,41	8,43	38,99	2,43	44,07	2,40	63,29	0,55	78,23	7,73	81,15	6,05
T4	12,65		18,00	3,75	30,70	1,11	49,31	1,58	63,08	1,79	61,99	7,86	64,48	2,52
T5	9,30		17,06	4,47	30,87	5,05	49,26	8,09	65,50	7,70	72,21	9,50	82,48	12,38

Propiedades físicas de nidos de *Acromyrmex Rugosus*  
y su efecto sobre el crecimiento de *Zea Mays* L.

Tasa de avistamiento de hojas (h/d)														
	M1	±	M2	±	M3	±	M4	±	M5	±	M6	±	M7	±
T1	0,23		0,22	0,24	0,00	0,12	0,05	0,07	0,05	0,07	0,08	0,16	0,00	0,00
T2	0,27	0,04	0,11	0,16	-0,10	0,18	0,00	0,12	0,10	0,14	0,04	0,06	0,06	0,08
T3	0,23	0,00	0,22	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08
T4	0,23		0,07	0,19	0,05	0,07	0,05	0,07	-0,05	0,07	0,13	0,00	-0,11	0,08
T5	0,23		0,33	0,16	0,05	0,07	-0,10	0,14	-0,05	0,14	0,04	0,06	0,00	0,00

Tasa de elongación del tallo (cm/d)														
	M1	±	M2	±	M3	±	M4	±	M5	±	M6	±	M7	±
T1	0,50		0,63	0,33	0,36	0,23	0,10	0,03	0,10	0,09	0,75	0,28	0,33	0,00
T2	0,58	0,04	0,45	0,21	0,31	0,07	0,14	0,00	0,26	0,15	0,33	0,16	0,25	0,18
T3	0,46	0,00	0,74	0,29	0,21	0,06	0,19	0,09	0,21	0,06	0,46	0,06	0,39	0,04
T4	0,35		0,35	0,22	0,29	0,00	0,29	0,00	0,26	0,03	0,52	0,03	0,25	0,00
T5	0,46		0,59	0,22	0,33	0,07	0,07	0,06	0,36	0,06	0,40	0,21	0,31	0,21

Fuente: RGui (32-bit)

## ANEXO C. TABLA BASE PARA ACP, MATRIZ DE CORRELACIONES

```

> tabla
      NS      AP      AH      TAH      TET
T1M1 1.075 22.000   9.267  0.231  0.500
T1M2 0.743 34.333  20.750  0.222  0.630
T1M3 0.564 41.833  33.555  0.000  0.357
T1M4 0.584 44.167  52.478  0.048  0.100
T1M5 0.489 50.333  62.246  0.048  0.100
T1M6 0.513 58.500  87.606  0.083  0.750
T1M7 0.287 69.667 105.760  0.000  0.330
T2M1 1.344 25.500  13.125  0.270  0.577
T2M2 0.849 37.000  27.636  0.111  0.446
T2M3 0.564 41.833  48.874 -0.095  0.307
T2M4 0.454 44.833  58.739  0.000  0.140
T2M5 0.435 46.167  59.286  0.095  0.260
T2M6 0.420 48.000  62.582  0.042  0.333
T2M7 0.369 48.333  59.530  0.060  0.156
T3M1 1.075 26.000   7.642  0.231  0.462
T3M2 0.637 32.333  24.411  0.222  0.740
T3M3 0.483 38.667  38.989  0.000  0.214
T3M4 0.454 41.833  44.067  0.000  0.190
T3M5 0.326 45.267  63.294  0.000  0.210
T3M6 0.467 50.333  78.234  0.000  0.458
T3M7 0.066  0.236  81.150  0.060  0.390
T4M1 1.075 22.000  12.650  0.231  0.347
T4M2 0.637 29.000  17.995  0.074  0.352
T4M3 0.483 38.333  30.700  0.048  0.286
T4M4 0.519 42.500  49.313  0.048  0.290
T4M5 0.326 47.000  63.078 -0.048  0.260
T4M6 0.513 53.267  61.988  0.125  0.521
T4M7 0.066 56.833  64.480 -0.110  0.250
T5M1 1.075 19.000   9.300  0.231  0.462
T5M2 0.955 29.500  17.060  0.333  0.593
T5M3 0.805 39.667  30.868  0.048  0.334
T5M4 0.519 43.333  49.255 -0.095  0.070
T5M5 0.489 47.700  65.500 -0.048  0.360
T5M6 0.513 53.067  72.208  0.042  0.396
T5M7 0.328 54.000  82.480  0.000  0.310

```

## Tabla de datos

T= tratamiento, R= repetición, NS= nudos/semana, AP= altura de la plántula, TAH= tasa de avistamiento de hojas, TET= tasa de elongación del tallo

Fuente: RGui (32-bit)

```

> cor(tabla)
      NS      AP      AH      TAH      TET
NS  1.0000000 -0.5131251 -0.8150679  0.7786274  0.4483725
AP -0.5131251  1.0000000  0.6742771 -0.5756401 -0.2573045
AH -0.8150679  0.6742771  1.0000000 -0.6563948 -0.2700033
TAH 0.7786274 -0.5756401 -0.6563948  1.0000000  0.6556757
TET 0.4483725 -0.2573045 -0.2700033  0.6556757  1.0000000

```

## Tabla de correlaciones entre variables

NS= nudos/semana, AP= altura de la plántula, TAH= tasa de avistamiento de hojas, TET= tasa de elongación del tallo

Fuente: RGui (32-bit)

## ANEXO D. RESULTADOS PRUEBAS DE LEVENE PARA LA ALTURA DE LA PLÁNTULA Y EL ÁREA DE LA HOJA

### TEST DE LEVENE PARA LOS DATOS DE LA ALTURA DE LA PLANTULA

```
> #MEDICION 2
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  4  0.9464 0.4766
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 2 = 0.4766 HAY HOMOCEDASTICIDAD

> #MEDICION 3
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  4  0.5253 0.7199
      10
# valor p para todos los tratamientos de la medición 3 = 0.7199 HAY HOMOCEDASTICIDAD

> #MEDICION 4
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  4  0.8776 0.5107
      10
# valor p para todos los tratamientos de la medición 4 = 0.5107 HAY HOMOCEDASTICIDAD

> #MEDICION 5
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  4  0.9295 0.4848
      10
# valor p para todos los tratamientos de la medición 5 = 0.4848 HAY HOMOCEDASTICIDAD

> #MEDICION 6
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  4  2.1781 0.1451
      10
# valor p para todos los tratamientos de la medición 6 = 0.1451 HAY HOMOCEDASTICIDAD

> #MEDICION 7
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  4  2.6565 0.09579
      10
# valor p para todos los tratamientos de la medición 7 = 0.09579 HAY HOMOCEDASTICIDAD
```

Fuente: RGui (32bit)

## TEST DE LEVENE PARA LOS DATOS DEL AREA DE LA HOJA

```
> #MEDICION 2
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.6852 0.6183
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 2 = 0.6183 HAY HOMOCEASTICIDAD

> #MEDICION 3
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  2.1676 0.1464
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 3 = 0.1464 HAY HOMOCEASTICIDAD

> #MEDICION 4
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.5603 0.6969
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 4 = 0.6969 HAY HOMOCEASTICIDAD

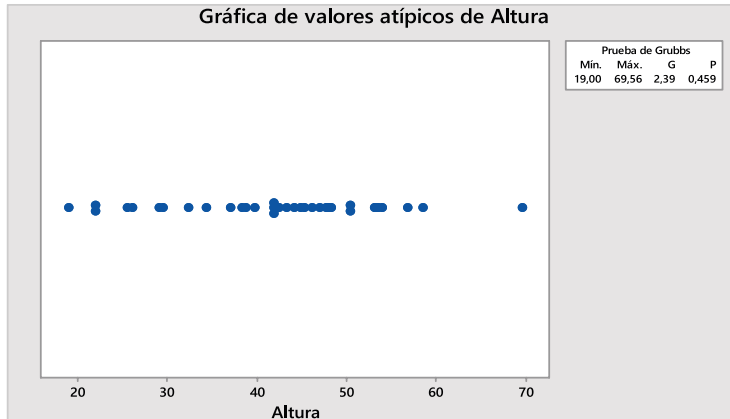
> #MEDICION 5
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  1.8149 0.2026
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 5 = 0.2026 HAY HOMOCEASTICIDAD

> #MEDICION 6
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  1.2573 0.3486
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 6 = 0.3486 HAY HOMOCEASTICIDAD

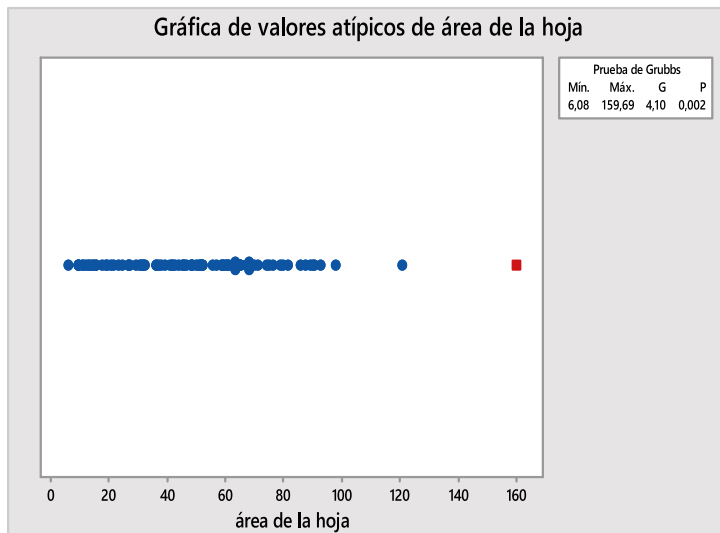
> #MEDICION 7
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  1.9508 0.1784
      10
# valor p para los tratamientos de la medición 7 = 0.1784 HAY HOMOCEASTICIDAD
```

Fuente: RGui (32bit)

## ANEXO E. PRUEBA DE GRUBBS Y GRÁFICAS DE VALORES ATÍPICOS PARA LAS VARIABLES DE ALTURA DE LA PLÁNTULA Y LONGITUD DEL TALLO



a) Prueba de Grubbs y gráfica de valores de atípicos para la variable altura de la plántula



b) Prueba de Grubbs y gráfica de valores de atípicos para la variable área de la hoja

NOTA: De encontrarse valores atípicos serían referenciados en rojo por configuración del software.

Fuente: Minitab 17

## ANEXO F. VALORES CRÍTICOS PARA LA PRUEBA DE GRUBBS

Number of Observations n	Values of Grubbs Statistic (G)					
	Confidence Level (%)					
	99.9	99.5	99	97.5	95	90
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.178	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563
40	3.673	3.381	3.240	3.036	2.866	2.662
50	3.789	3.483	3.336	3.128	2.956	2.768
60	3.874	3.560	3.411	3.199	3.025	2.837
70	3.942	3.622	3.471	3.257	3.082	2.893
80	3.998	3.673	3.521	3.305	3.130	2.940
90	4.044	3.716	3.563	3.347	3.171	2.981
100	4.084	3.754	3.600	3.383	3.207	3.017

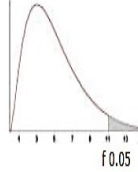
Source: ASTM E178-00, "Standard Practice for Dealing with Outlying Observations"

Fuente: ASTM E178. Standard Practice for dealing with outlying observations. 2016



## ANEXO G. VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN F (0,05)

**Tabla D.9: VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN F (0,05)**



área a la derecha del valor crítico = 0,05  
f<sub>0,05</sub>

g.d.l.	Grados de libertad del Numerador													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,0	243,9	244,7	245,4
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353	19,371	19,385	19,396	19,405	19,413	19,419	19,424
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,013	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,763	8,745	8,729	8,715
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,936	5,912	5,891	5,873
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,772	4,735	4,704	4,678	4,655	4,636
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,027	4,000	3,976	3,956
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,603	3,575	3,550	3,529
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,500	3,438	3,388	3,347	3,313	3,284	3,259	3,237
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,102	3,073	3,048	3,025
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072	3,020	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,717	2,687	2,660	2,637
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484
15	4,543	3,682	3,287	3,055	2,901	2,790	2,707	2,641	2,588	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,413	2,381	2,353	2,329

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Valores críticos para distribución F con un nivel de significancia de 0,05 [En línea]. [www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/TD9\\_F05.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/TD9_F05.pdf) [citado el 7 de enero de 2017].

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1</b> Variables de estudio .....	35
<b>Tabla 2</b> Número de tratamientos y descripción en el análisis del efecto del suelo de nidos sobre la germinación y crecimiento de <i>Zea mays</i> L .....	37
<b>Tabla 3</b> Materiales y equipos utilizados en el experimento.....	43
<b>Tabla 4</b> Coordenadas geográficas de los nidos de donde se extrajo suelo según los sistemas GMS y Grados decimales .....	45
<b>Tabla 5</b> Primera medición de parámetros, realizada el 3 de noviembre de 2016 .....	48
<b>Tabla 6</b> Segunda medición de parámetros, realizada el 12 de noviembre de 2016 .....	48
<b>Tabla 7</b> Tercera medición de parámetros, realizada el 19 de noviembre de 2016 .....	49
<b>Tabla 8</b> Cuarta medición de parámetros, realizada el 26 de noviembre de 2016 .....	49
<b>Tabla 9</b> Quinta medición de parámetros realizada el 2 de diciembre de 2016 .....	50

<b>Tabla 10</b> Sexta medición de parámetros, realizada el 11 de diciembre de 2016 .....	51
<b>Tabla 11</b> Séptima medición de parámetros, realizada el 17 de diciembre de 2016 .....	51
<b>Tabla 12</b> Días transcurridos entre mediciones a partir de la fecha de siembra .....	52
<b>Tabla 13</b> Área foliar por tratamiento en m <sup>2</sup> en las mediciones realizadas .....	62
<b>Tabla 14</b> Índice de Área Foliar (IAF) ordenado por tratamiento.....	63
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 3 de noviembre de 2016 .....	73
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 12 de noviembre de 2016 .....	73
<b>Tabla 17</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 19 de noviembre de 2016.....	74
<b>Tabla 18</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 26 de noviembre de 2016.....	74
<b>Tabla 19</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 2 de diciembre de 2016 .....	74
<b>Tabla 20</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 11 de diciembre de 2016 .....	75

<b>Tabla 21</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula el 17 de diciembre de 2016 .....	75
<b>Tabla 22</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 3 de noviembre de 2016 .....	75
<b>Tabla 23</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 12 de noviembre de 2016 .....	76
<b>Tabla 24</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 19 de noviembre de 2016 .....	76
<b>Tabla 25</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 26 de noviembre de 2016 .....	76
<b>Tabla 26</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 2 de diciembre de 2016 .....	77
<b>Tabla 27</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 11 de diciembre de 2016 .....	77
<b>Tabla 28</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja el 17 de diciembre de 2016 .....	77
<b>Tabla 29</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos de altura de la plántula.....	78
<b>Tabla 30</b>	
Análisis de varianza de los datos obtenidos del área de la hoja .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1</b> Vista aérea de la hormiga <i>Acromyrmex rugosus</i> .....	23
<b>Figura 2</b> Localización de la Reserva Campesina La Montaña (RCM) en el departamento del Atlántico, Colombia .....	33
<b>Figura 3</b> Diseño experimental de la investigación.....	36
<b>Figura 4</b> Distribución espacial propuesta para el cultivo .....	38
<b>Figura 5</b> Diagrama de flujo de la realización del experimento.....	42
<b>Figura 6</b> Distribución espacial final para el cultivo.....	46
<b>Figura 7</b> Comportamiento promedio nudos por semana .....	53
<b>Figura 8</b> Histograma del comportamiento promedio de la tasa de avistamiento de hojas .....	54
<b>Figura 9</b> Comportamiento promedio altura de la plántula.....	54
<b>Figura 10</b> Histograma del comportamiento promedio altura de la plántula.....	55
<b>Figura 11</b> Comportamiento promedio área de las hojas.....	56

<b>Figura 12</b>	
Histograma del comportamiento promedio área de las hojas .....	57
<b>Figura 13</b>	
Comportamiento promedio tasa de avistamiento de hojas .....	58
<b>Figura 14</b>	
Histograma del comportamiento promedio tasa de avistamiento de hojas .....	59
<b>Figura 15</b>	
Comportamiento promedio tasa de elongación del tallo.....	60
<b>Figura 16</b>	
Histograma del comportamiento promedio tasa de elongación del tallo.....	61
<b>Figura 17</b>	
Comportamiento promedio del Índice de Área Foliar (IAF) por tratamiento del cultivo de maíz objeto de estudio .....	63
<b>Figura 18</b>	
Gráfica de contorno de longitud del tallo vs. % SDT, Días .....	65
<b>Figura 19</b>	
Gráfica de contorno de altura de la plántula vs. % SDT, Días.....	65
<b>Figura 20</b>	
Resumen análisis de componentes principales .....	67
<b>Figura 21</b>	
Gráfica de las 15 muestras sobre los dos primeros componentes principales (biplot) .....	68
<b>Figura 22</b>	
Resultados prueba de normalidad Anderson-Darling y gráfica de probabilidad normal para los datos obtenidos de altura de la plántula.....	72
<b>Figura 23</b>	
Resultados prueba de normalidad Anderson-Darling y gráfica de probabilidad normal para los datos obtenidos de área foliar .....	72



## ACERCA DE LOS AUTORES

---

### **Alexy Flórez Vergara**

Ingeniero de Alimentos de la Universidad Agraria de Colombia, Magíster y Doctor (PhD) *Cum Laude* en Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología por la Universidad Politécnica de Cataluña (España); sus líneas de investigación son la Producción y Transformación de Productos de origen Animal y Vegetal, el Diseño de Plantas Agroindustriales y la Elaboración de Alimentos Mínimamente Procesados; con más de doce años de experiencia docente e investigativa. Actualmente se desempeña como docente de planta del Programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad del Atlántico (Colombia).

### **Rafael Enrique Olivero Verbel**

Ingeniero de Alimentos de la Universidad de Cartagena, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Puerto Rico y Doctorando en Ciencias Químicas en la Universidad de Cartagena; sus principales áreas de investigación son la Ciencia y Tecnología de Alimentos y la Gestión de la Calidad. Actualmente se desempeña como docente de planta del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad del Atlántico (Colombia).

### **José Roberto Díaz Mercado**

Ingeniero Agroindustrial de la Universidad del Atlántico; ha realizado diplomados en las áreas de educación ambiental y en el



sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, posee además amplio conocimiento del idioma inglés y experiencia en el área comercial.

### **Miguel Ángel Ibarra Montes**

Ingeniero Agroindustrial de la Universidad del Atlántico; ha realizado diplomados en las áreas de educación ambiental y en el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Cuenta además con experiencia profesional en el sector alimentario.

### **Leidy Carolina García Correa**

Bióloga de la Universidad del Atlántico y Magíster en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional (sede Medellín). Las principales áreas de conocimiento y desempeño son los Tópicos Selectos en Entomología, la Gestión y Manejo de Fauna Silvestre y los Métodos y Técnicas para la Medición de la Biodiversidad.

Teniendo en cuenta la importancia de las zonas rurales para la producción agroindustrial, especialmente, en el ámbito alimentario, se hace necesaria la búsqueda intensiva de mejoras para el proceso agrícola. Entre la fauna edáfica que puede perpetrar cambios positivos en la dinámica de los nutrientes, se destacan las hormigas *Acromyrmex*, como bioperturbadores de gran importancia para los procesos del suelo y la disponibilidad espacial del recurso trófico, éstas pueden participar en dichos procesos a través de la elaboración de estructuras biogénicas, las cuales pueden ostentar menor contenido de agua en su suelo, mayor porosidad, abundancia de hongos y bacterias y valores de pH tendientes a la neutralidad. Se hace también necesaria la indagación de nuevos métodos que no solo disminuyan la pérdida de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; sino que además naturalmente y sin perturbar otras propiedades primordiales, beneficien las concentraciones de nutrientes y propiedades físicas del suelo y su repercusión en el desarrollo de las plantas. Esta investigación pretendía evaluar la variación de las propiedades físicas del suelo de las estructuras biogénicas de *A. rugosus* y su posible efecto en el crecimiento de *Zea mays* L. en el departamento del Atlántico, Colombia.

Alexy Flórez Vergara, investigador principal del proyecto es Doctor (PhD) en Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología por la Universidad Politécnica de Cataluña (España), con más de doce años de experiencia docente e investigativa actualmente se desempeña como docente de planta del Programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad del Atlántico (Colombia).

Escanee el código QR para conocer más títulos publicados por el Sello Editorial Universidad del Atlántico

