



UNIVERSIDAD  
DE PAMPLONA

# Validación de modelos agroecológicos en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander

Dixon Fabián Flórez Delgado  
Leonides Castellanos González  
Alfonso Eugenio Capacho Mogollón

Validación de modelos agroecológicos  
en el municipio de La Playa de Belén,  
Norte de Santander



# Validación de modelos agroecológicos en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander

Dixon Fabián Flórez Delgado  
Leonides Castellanos González  
Alfonso Eugenio Capacho Mogollón



*Validación de modelos agroecológicos en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander* / Dixon Fabián Flórez Delgado, Leonides Castellanos González, Alfonso Eugenio Capacho Mogollón -- Pamplona: Universidad de Pamplona. 2023.  
208 p. ; 17 cm x 24 cm.

ISBN: 978-628-95731-0-7

© **Universidad de Pamplona**

Sede Principal Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga-  
Ciudad Universitaria. Norte de Santander, Colombia.  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)  
Teléfono: 6075685303

*Validación de modelos agroecológicos en el municipio  
de La Playa de Belén, Norte de Santander*

ISBN: 978-628-95731-0-7

Primera edición, 2023

Colección Ciencias Pecuarias y Agronomía

© Sello Editorial Unipamplona

**Rector:** Ivaldo Torres Chávez Ph.D

**Vicerrector de Investigaciones:** Aldo Pardo García Ph.D

**Jefe Sello Editorial Unipamplona:** Caterine Mojica Acevedo

**Diseño y Diagramación:** Laura Angelica Buitrago Quintero

**Ilustración de portada:** Gabriel Alejandro Pereira Delgado

Hecho el depósito que establece la ley. Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin permiso del editor.

**Dixon Fabián Flórez Delgado**  
dixon.florez@unipamplona.edu.co

Departamento de Zootecnia- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona.  
Zootecnista, Universidad de Pamplona.  
Magister en Sistemas Sostenibles de Producción, Universidad de La Amazonía.

**Leonides Castellanos González**  
Leonides.castellanos@unipamplona.edu.co

Departamento de Agronomía- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona.  
Ingeniero Agrónomo, Universidad Central de Las Villas, Cuba. Magister en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de la Habana, Cuba.  
Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Las Villas, Cuba.  
Posdoctorado Metodología de la Investigación, Universidad de Cienfuegos, Cuba.  
Posdoctorado Nutrición Vegetal, UNESP, Brasil.

**Alfonso Eugenio Capacho Mogollón**  
aecapacho@unipamplona.edu.co

Zootecnista, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña. Magister en Calidad de la Educación Superior, Universidad de Pamplona.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Gobernación del departamento Norte de Santander, institución financiadora del proyecto: “*Desarrollo estratégico agroecológico con uso de las TIC, para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el departamento de Norte de Santander, Plantar*” y a la Universidad de Pamplona como entidad ejecutora, aspectos que permitieron el desarrollo de la investigación y que son el eje fundamental de la presente obra.





# CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| Agradecimientos .....  | 7         |
| Prólogo .....  | 21        |
| Síntesis .....   | 23        |
| Introducción .....   | 27        |
| <b>Capítulo 1: Desarrollo sostenible y agroecología .....</b>              | <b>29</b> |
| <b>Desarrollo sostenible .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>La Agroecología .....</b>   | <b>33</b> |
| ¿Qué distingue a la agroecología? .....                                    | 34        |
| Elementos de la agroecología .....   | 34        |
| <b>Biología del suelo .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>Capítulo 2. Metodología .....</b>                                       | <b>39</b> |
| <b>Descripción de la región de estudio y muestra poblacional .....</b>     | <b>41</b> |
| Población objeto y selección de familias .....                             | 43        |
| <b>Ajuste de modelos agroecológicos .....</b>                              | <b>45</b> |
| <b>Caracterización socioeconómica de las familias .....</b>                | <b>46</b> |
| <b>Caracterización agroecológica de los predios y de las familias.....</b> | <b>47</b> |
| <b>Implementación de prácticas agroecológicas .....</b>                    | <b>47</b> |
| <b>Caracterización físico química del agua .....</b>                       | <b>47</b> |
| <b>Caracterización taxonómica y agroquímica de suelos .....</b>            | <b>49</b> |
| Caracterización taxonómica .....   | 49        |
| Caracterización agroquímica .....  | 50        |
| <b>Caracterización biológica del suelo .....</b>                           | <b>52</b> |
| Macrofauna .....   | 53        |
| Mesofauna .....  | 53        |

|  |           |
|--|-----------|
| Mesofauna .....  | 53        |
| Microfauna .....   | 54        |
| Obtención de nemátodos .....   | 54        |
| Obtención de Protozoarios .....  | 54        |
| Obtención de Turbelarios y Rotíferos .....   | 54        |
| <b>Inventario forestal .....</b>   | <b>55</b> |
| <b>Validación de modelos agroecológicos:</b>   |           |
| <b>ambiental y agroecológica .....</b>   | <b>56</b> |
| Efecto de los modelos agroecológicos sobre<br>las propiedades físico químicas del agua ..... | 56        |
| Efecto de los modelos agroecológicos sobre<br>las propiedades agroquímicas del suelo .....   | 56        |
| Efecto de los modelos agroecológicos<br>sobre la biología del suelo .....                    | 57        |
| Paquetes agroecológicos implementados<br>por parcelas, modelos y fincas .....                | 57        |
| <b>Desarrollo de los cultivos en los modelos agroecológicos .....</b>                        | <b>57</b> |
| Población de los cultivos .....  | 58        |
| Dinámica del desarrollo de los cultivos por parcela .....                                    | 58        |
| Incidencia de plagas y enfermedades .....  | 59        |
| <b>Validación social de los modelos agroecológicos .....</b>                                 | <b>62</b> |
| <b>Capítulo 3. Resultados y análisis de resultados .....</b>                                 | <b>65</b> |
| <b>Ajuste de modelos agroecológicos .....</b>  | <b>67</b> |
| <b>Caracterización socioeconómica de las familias .....</b>                                  | <b>69</b> |
| Composición del núcleo familiar .....  | 69        |
| Educación .....  | 70        |
| Vivienda .....   | 70        |
| Tenencia de la tierra .....  | 70        |
| <b>Caracterización agroeconómica de los predios .....</b>                                    | <b>71</b> |
| <b>Implementación de prácticas agroecológicas .....</b>                                      | <b>74</b> |
| <b>Caracterización físico química del agua .....</b>   | <b>76</b> |
| <b>Caracterización taxonómica y agroquímica de suelos .....</b>                              | <b>71</b> |
| Caracterización taxonómica de los suelos .....   | 82        |
| Caracterización agroquímica de los suelos .....  | 85        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Caracterización biológica del suelo</b> .....   | 96         |
| Modelo Agroecológico Forestal – Aguacate – Fríjol .....                                      | 97         |
| Modelo Agroecológico Forestal – Aguacate – Maíz .....  | 98         |
| Modelo Agroecológico Forestal - Brevo – Maíz .....   | 100        |
| Composición de la fauna asociada al suelo .....  | 102        |
| Macrofauna .....   | 103        |
| Mesofauna .....  | 111        |
| Microfauna .....   | 116        |
| <br>   |            |
| <b>Inventario forestal</b> .....   | <b>121</b> |
| Coberturas forestales .....  | 121        |
| <br>   |            |
| <b>Validación de modelos agroecológicos: ambiental y agroecológica</b> .....                 | <b>134</b> |
| Efecto de los modelos agroecológicos sobre las<br>propiedades físico químicas del agua ..... | 134        |
| Efecto de los modelos agroecológicos sobre las<br>propiedades agroquímicas del suelo .....   | 136        |
| <br>   |            |
| <b>Efecto de los modelos agroecológicos sobre la biología del suelo ..</b>                   | <b>157</b> |
| Macrofauna .....   | 157        |
| Mesofauna .....  | 161        |
| Microfauna .....   | 164        |
| Paquetes agroecológicos implementados<br>por parcelas, modelos y fincas .....                | 168        |
| <br>   |            |
| <b>Desarrollo de los cultivos en los modelos agroecológicos</b> .....                        | <b>170</b> |
| Población de planta .....  | 170        |
| <br>   |            |
| <b>Dinámica del desarrollo de los cultivos por parcela</b> .....                             | <b>172</b> |
| VARIABLES MORFOMÉTRICAS .....  | <b>175</b> |
| <br>   |            |
| <b>Incidencia de plagas y enfermedades</b> .....   | <b>182</b> |
| Presencia de plagas y enfermedades .....   | 182        |
| Incidencia de plagas y enfermedades .....  | 184        |
| Dinámica de plagas y enfermedades .....  | 186        |
| <br>   |            |
| <b>Validación social de los modelos agroecológicos</b> .....                                 | <b>190</b> |
| <br>   |            |
| Conclusiones .....   | 199        |
| Referencias bibliográficas .....   | 203        |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Figura 1.  | Dimensiones del desarrollo sostenible .....   | 32  |
| Figura 2.  | Objetivos del desarrollo sostenible .....   | 33  |
| Figura 3.  | Interrelación de los elementos de la agroecología .....   | 36  |
| Figura 4.  | Plano de Localización del proyecto en el departamento de<br>Norte de Santander .....  | 42  |
| Figura 5.  | Ecuación estadística seleccionada para proporciones poblacionales .....   | 44  |
| Figura 6.  | Descripción de perfiles de suelo en campo .....   | 49  |
| Figura 7.  | Protocolo de desplazamiento en forma zig-zag para la toma de<br>muestras de suelo .....   | 52  |
| Figura 8.  | Número de miembros del núcleo familiar .....  | 69  |
| Figura 9.  | Principales actividades económicas .....  | 70  |
| Figura 10. | Considerando todos los ingresos de dinero en su hogar, ¿en qué<br>rango se encuentra el ingreso mensual promedio? .....   | 71  |
| Figura 11. | Especifique el área sembrada de cultivo de Frijol .....   | 72  |
| Figura 12. | Especifique el área sembrada de cultivo de Maíz .....   | 72  |
| Figura 13. | Plano factorial ACM-Implementación de prácticas agroecológicas<br>de 15 fincas municipio La Playa, Norte de Santander .....   | 74  |
| Figura 14. | Dendrograma de análisis de similaridad índice de Jaccard con un<br>Bootstrap (10000 repeticiones) en el municipio de La Playa de<br>Belén, Norte de Santander ..... | 102 |
| Figura 15. | Distribución de la Abundancia en 15 predios del municipio de La<br>Playa de Belén, Norte de Santander .....   | 106 |
| Figura 16. | Especies macrofauna más abundantes en 15 predios del<br>municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander .....  | 107 |
| Figura 17. | Distribución de las especies más abundantes en 15<br>predios del municipio de La Playa de Belén .....   | 107 |
| Figura 18. | Riqueza Específica en 15 predios del municipio de<br>La Playa de Belén, Norte de Santander .....  | 108 |
| Figura 19. | Diagrama de conglomerados para Macrofauna del municipio de La<br>Playa de Belén .....   | 110 |
| Figura 20. | Distribución de la abundancia Mesofauna en el municipio de La<br>Playa de Belén .....   | 111 |
| Figura 21. | Especies de Mesofauna más abundantes en 15 predios del municipio<br>de La Playa de Belén .....  | 112 |
| Figura 22. | Distribución de las especies más abundantes en 15 predios del<br>municipio de La Playa de Belén .....   | 112 |
| Figura 23. | Riqueza específica (S) Mesofauna en los 15 predios del municipio<br>de La Playa de Belén .....  | 113 |
| Figura 24. | Diagrama de conglomerados para Mesofauna del municipio de La<br>Playa de Belén .....  | 115 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Figura 25. | Distribución de la Abundancia en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 117 |
| Figura 26. | Especies de microfauna más abundantes en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 117 |
| Figura 27. | Distribución de los grupos taxonómicos más abundantes en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 118 |
| Figura 28. | Riqueza Específica en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....   | 118 |
| Figura 29. | Diagrama de conglomerados para microfauna municipio de La Playa de Belén .....  | 121 |
| Figura 30. | Distribución de la abundancia en los 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 126 |
| Figura 31. | Especies Forestales más abundantes en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....   | 127 |
| Figura 32. | Distribución de las especies más abundantes en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 127 |
| Figura 33. | Riqueza Específica en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....   | 128 |
| Figura 34. | Diagrama de conglomerados para inventario forestal municipio de La Playa de Belén .....   | 131 |
| Figura 35. | Comparación de la distribución de la Abundancia de macrofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander para los años 2018 y 2019 ..... | 157 |
| Figura 36. | Comparación de la Riqueza Específica de macrofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander años 2018 y 2019 .....                     | 158 |
| Figura 37. | Comparación de la distribución de la Abundancia de mesofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander para los años 2018 y 2019 .....  | 161 |
| Figura 38. | Comparación de la Riqueza Específica de mesofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander años 2018 y 2019 .....                      | 162 |
| Figura 39. | Comparación de la distribución de la Abundancia de microfauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander para los años 2018 y 2019 ..... | 165 |
| Figura 40. | Comparación de la Riqueza Específica de microfauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander años 2018 y 2019 .....                     | 166 |
| Figura 41. | Comparación de la altura cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 1 .....                           | 175 |
| Figura 42. | Comparación del diámetro de tallo cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 1 .....                  | 176 |
| Figura 43. | Comparación de la altura del aguacate de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 2 .....                               | 176 |
| Figura 44. | Comparación del diámetro de tallo cultivo aguacate de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 1 .....                  | 177 |
| Figura 45. | Comparación de la altura cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 2 .....                           | 177 |
| Figura 46. | Comparación del diámetro del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 2 .....                       | 178 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 47. | Altura del cultivo de aguacate de la parcela testigo en el modelo agroecológico 2 .....  | 178 |
| Figura 48. | Diámetro del cultivo de aguacate de la parcela testigo en el modelo agroecológico 2 .....  | 179 |
| Figura 49. | Comparación de la altura del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3 .....                        | 179 |
| Figura 50. | Diámetro de tallo del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3 .....                               | 180 |
| Figura 51. | Comparación de la altura del cultivo de brevo de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3 .....                        | 180 |
| Figura 52. | Comparación del diámetro de tallo del cultivo de brevo de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3 .....               | 181 |
| Figura 53. | Comparación de la longitud de la rama más larga del cultivo de brevo de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3 ..... | 181 |
| Figura 54. | Dinámica de la principal plaga en el cultivo de aguacate en el modelo agroecológico 1 .....  | 186 |
| Figura 55. | Dinámica de las principales plagas en el cultivo de aguacate en el modelo agroecológico 2 .....  | 187 |
| Figura 56. | Dinámica de las principales plagas en el cultivo de maíz en el modelo agroecológico 2 .....  | 188 |
| Figura 57. | Dinámica de las principales plagas en el cultivo de brevo en el modelo agroecológico 3 .....   | 189 |
| Figura 58. | Dinámica de las principales plagas en el cultivo de maíz en el modelo agroecológico 3 .....  | 189 |
| Figura 59. | Expectativas con relación al proyecto .....  | 197 |
| Figura 60. | Opiniones frente al proyecto .....   | 198 |
| Figura 61. | Opiniones frente a las actividades, tiempo e insumos entregados en el proyecto .....   | 198 |





# ÍNDICE DE TABLAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 1.  | Elementos de la agroecología .....  | 35 |
| Tabla 2.  | Organismos presentes en el suelo .....  | 37 |
| Tabla 3.  | Características generales de La Playa de Belén .....  | 41 |
| Tabla 4.  | Georreferenciación de los predios municipio de La Playa .....   | 44 |
| Tabla 5.  | Variables evaluadas en la caracterización del agua .....  | 48 |
| Tabla 6.  | Instructivo para la toma de datos de perfil de suelo .....  | 49 |
| Tabla 7.  | Descripción de perfil de suelo .....  | 50 |
| Tabla 8.  | Variables evaluadas en el análisis agroquímico del suelo .....  | 50 |
| Tabla 9.  | Conformación de los modelos agroecológicos .....  | 58 |
| Tabla 10. | Variables morfométricas evaluadas .....   | 59 |
| Tabla 11. | Escala de grado general dividida en grados para la evaluación de enfermedades .....   | 60 |
| Tabla 12. | Modelos agroecológicos propuestos en el municipio de La Playa de Belén .....  | 67 |
| Tabla 13. | Modelos agroecológicos iniciales y finales municipio de La Playa de Belén .....   | 68 |
| Tabla 14. | Modelos y sistemas agroforestales con sus variedades y densidades poblacionales aprobados por los agricultores en los talleres participativos .....   | 68 |
| Tabla 15. | Información de Ingresos .....   | 73 |
| Tabla 16. | Resultados del ANOVA de los Cationes y Aniones del Agua para las interacciones Finca por Modelo en el municipio La Playa de Belén .....   | 76 |
| Tabla 17. | Resultados del ANOVA de los elementos agroquímicos y dureza del agua para las interacciones Finca por Modelo en el municipio La Playa de Belén .....  | 79 |
| Tabla 18. | Coordenadas de Perfiles Modales descritos en campo .....  | 82 |
| Tabla 19. | Caracterización taxonómica de los suelos, municipio de La Playa de Belén .....  | 83 |
| Tabla 20. | Valores promedio, máximo y mínimo de los macronutrientes presentes en los suelos de las fincas estudiadas en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander .....   | 86 |
| Tabla 21. | Comparación de medias de las concentraciones de macronutrientes en suelos entre la parcela testigo y la agroecológica en las diferentes fincas estudiadas en el municipio de La Playa de Belén .....  | 87 |
| Tabla 22. | Porcentaje de las parcelas con valores de pH, Conductibilidad Eléctrica (CE), Carbono orgánico, Saturación de humedad y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) catalogados de deficiente y bajo, por municipios y de forma general en el proyecto ..... | 88 |
| Tabla 23. | Comparación de medias de la concentración de micronutrientes y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre las parcelas agroecológica y testigo en las 15 fincas del municipio La Playa de Belén, Norte de Santander .....                          | 89 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tabla 24. | Valores promedio, máximo y mínimo de los micronutrientes presentes en los suelos de las fincas estudiadas en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander .....  | 90  |
| Tabla 25. | Valores promedio, máximo y mínimo de los micronutrientes presentes en los suelos de las fincas estudiadas en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander .....  | 91  |
| Tabla 26. | Análisis de la varianza para la comparación de los elementos químicos en los suelos bajo los diferentes modelos agroecológicos implementados en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander .....      | 92  |
| Tabla 27. | Análisis de la varianza para la comparación de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos bajo los tres modelos agroecológicos implementados en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander ... | 93  |
| Tabla 28. | Análisis de la varianza para la comparación de algunos elementos químicos de los suelos en la interacción finca por modelo agroecológico en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander ....              | 93  |
| Tabla 29. | Resultados del ANOVA de los elementos agroquímicos para las interacciones finca por modelo en el municipio La Playa de Belén .....   | 95  |
| Tabla 30. | Biología del suelo para el modelo agroecológico Forestal- Aguacate - Fríjol .....  | 97  |
| Tabla 31. | Biología del suelo para el modelo agroecológico Forestal - Aguacate - Maíz .....   | 98  |
| Tabla 32. | Biología del suelo para el modelo agroecológico Forestal - Brevo - Maíz..  | 100 |
| Tabla 33. | Lista de especies de macrofauna en 15 predios del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander .....   | 103 |
| Tabla 34. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander .....   | 109 |
| Tabla 35. | Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander .....  | 109 |
| Tabla 36. | Riqueza Mesofauna en 15 predios del municipio de La Playa de Belén ....  | 111 |
| Tabla 37. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén ..  | 114 |
| Tabla 38. | Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 114 |
| Tabla 39. | Riqueza Microfauna en 15 predios del municipio de La Playa de Belén ...  | 116 |
| Tabla 40. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén ..  | 119 |
| Tabla 41. | Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 120 |
| Tabla 42. | Descripción de las coberturas forestales por modelo agroecológico, municipio de La Playa de Belén .....  | 122 |
| Tabla 43. | Riqueza Florística de especies forestales en 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....   | 124 |
| Tabla 44. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén ..  | 128 |
| Tabla 45. | Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén .....  | 130 |
| Tabla 46. | Comparación de las características físico químicas del agua antes y después de la implementación del modelo agroecológico 1 .....  | 134 |
| Tabla 47. | Comparación de las características físico químicas del agua antes y después de la implementación del modelo agroecológico 2 .....  | 135 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tabla 48. | Comparación de las características físico químicas del agua antes y después de la implementación del modelo agroecológico 3 .....  | 136 |
| Tabla 49. | Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 1 de La Playa de Belén .....  | 137 |
| Tabla 50. | Estadística descriptiva de las variables agroquímicas por parcela del modelo 1 de la Playa de Belén .....  | 138 |
| Tabla 51. | Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 1 de La Playa de Belén .....   | 140 |
| Tabla 52. | Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 1 de La Playa de Belén .....  | 141 |
| Tabla 53. | Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 2 de La Playa de Belén .....  | 142 |
| Tabla 54. | Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 2 de La Playa de Belén .....   | 145 |
| Tabla 55. | Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 2 de La Playa de Belén .....   | 146 |
| Tabla 56. | Estadística descriptiva de las variables agroquímicas por parcela del modelo 3 de la Playa de Belén .....  | 147 |
| Tabla 57. | Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 3 de La Playa de Belén .....   | 149 |
| Tabla 58. | Comparación de las variables agroquímicas del suelo antes y después parcela agroecológica del modelo 1 .....   | 150 |
| Tabla 59. | Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 1 .....   | 151 |
| Tabla 60. | Comparación suelo antes y después parcela agroecológica del modelo 2 ..  | 153 |
| Tabla 61. | Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 2 .....   | 154 |
| Tabla 62. | Comparación suelo antes y después parcela agroecológica del modelo 3 ..  | 155 |
| Tabla 63. | Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 3 .....   | 156 |
| Tabla 64. | Índices de biodiversidad global de la macrofauna del suelo por modelo agroecológico .....  | 159 |
| Tabla 65. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén ..  | 160 |
| Tabla 66. | Índices de biodiversidad de la mesofauna del suelo por modelo agroecológico .....  | 163 |
| Tabla 67. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén ..  | 164 |
| Tabla 68. | Índices de biodiversidad global de la microfauna del suelo por modelo agroecológico .....  | 167 |
| Tabla 69. | Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén ..  | 168 |
| Tabla 70. | Prácticas agroecológicas implementadas por parcela para los tres modelos agroecológicos antes, durante y después de sembrados los cultivos .....                                 | 168 |
| Tabla 71. | Resultados del ANOVA para la población durante los de los meses noviembre 2018 y febrero 2019 en el municipio de La Playa de Belén .....   | 170 |
| Tabla 72. | Resultados del ANOVA para la población durante los de los meses noviembre 2018 y febrero 2019 en el municipio de La Playa de Belén .....   | 171 |
| Tabla 73. | Resultados del ANOVA para la Población durante los meses noviembre 2018 febrero 2019 en los diferentes grupos funcionales de cultivos en el municipio de La Playa de Belén ..... | 171 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Tabla 74. | Resultado de la comparación de las variables altura y diámetro del roble entre las parcelas testigos y las agroecológicas para los SAF de los modelos 1, 2 y 3 en el municipio La Playa de Belén .....    | 172 |
| Tabla 75. | Resultado de la comparación de las variables altura y diámetro del aguacate entre la parcela agroecológica y la testigo para el SAF del modelo 1 en el municipio La Playa de Belén .....                  | 173 |
| Tabla 76. | Resultado de la comparación de las variables altura y diámetro del aguacate entre la parcela agroecológica y la testigo para el SAF del modelo 2 en el municipio La Playa de Belén .....                  | 173 |
| Tabla 77. | Resultado de la comparación de las variables número de ramas y longitud de la rama del breve entre la parcela agroecológica y la testigo para el SAF del modelo 1 en el municipio La Playa de Belén ..... | 174 |
| Tabla 78. | Presencia de plagas y enfermedades en el modelo roble aguacate frijol por cultivo del municipio La Playa de Belén .....   | 182 |
| Tabla 79. | Presencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – aguacate – maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén .....   | 183 |
| Tabla 80. | Presencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – breve – maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén .....  | 183 |
| Tabla 81. | Incidencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – aguacate - maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén .....  | 184 |
| Tabla 82. | Incidencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – aguacate – maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén .....  | 185 |
| Tabla 83. | Incidencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – breve - maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén .....   | 185 |
| Tabla 84. | Matriz DOFA La Playa de Belén .....   | 190 |
| Tabla 85. | Análisis de la FODA la Playa de Belén .....   | 193 |

# PRÓLOGO

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la agroecología es un conjunto de prácticas sostenibles, un movimiento social y una disciplina científica. Se encarga de estudiar las interacciones de los componentes de los agroecosistemas, la aplicación de prácticas sostenibles que establezcan la producción. De la misma manera, potencializa la economía de las comunidades rurales.

La agroecología se desarrolla bajo un enfoque integrado y sistémico basado en conceptos sociales y ecológicos que aplicables al diseño, gestión y operación de sistemas productivos optimizan el uso de recursos que conllevan a mayor productividad y mejor calidad de vida a la sociedad en general.

El presente libro de investigación, es producto del proyecto ejecutado por la Universidad de Pamplona y financiado por el Sistema General de Regalías “*Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TIC para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte de Santander*” desarrollado en los años 2018 y 2019 en donde se implementaron y validaron modelos agroecológicos para el fomento del desarrollo sostenible, productividad y competitividad de cultivos promisorios mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC.

La principal característica del proyecto radica en la combinación de las prácticas agroecológicas con agricultura de precisión, mediante la implementación y validación de modelos agroecológicos apoyados en la agroforestería, es decir, la combinación de especies forestales, un cultivo permanente y un cultivo transitorio todo bajo un enfoque y metodología participativa que llevó a los productores a apropiarse de estas prácticas agroecológicas y de modelos sostenibles de producción.

En este sentido, esta obra presenta la validación de tres modelos agroecológicos en el municipio de La Playa de Belén (Norte de Santander). Su estructura está dada por una introducción, tres capítulos: Capítulo 1: Agroecología y desarrollo sostenible, Capítulo 2: Metodología y, Capítulo 3: Resultados y análisis de resultados. Finalmente, se presentan conclusiones que sintetizan los principales resultados de la investigación.

Se espera que este libro sirva como base conceptual, metodológica e investigativa para futuros trabajos que propendan por la implementación de prácticas agropecuarias amigables con el ambiente y dinamicen el sector rural.

## SÍNTESIS

El proyecto “*Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TIC para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte De Santander*” tuvo como objetivo la validación de tres modelos agroecológicos en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander para el desarrollo sostenible y competitivo de cultivos promisorios. La Gobernación de Norte de Santander financió el proyecto mediante el Sistema General de Regalías durante un periodo de 18 meses el cual fue desarrollado por la Universidad de Pamplona. Se contó con la participación de 15 agricultores y una población beneficiada de 90 personas en un área de 30 hectáreas. Se establecieron tres modelos agroecológicos: Modelo 1: Roble – Aguacate – Fríjol, Modelo 2: Roble – Aguacate – Maíz, Modelo 3: Roble – Brevo – Maíz. El establecimiento de estos modelos para la interacción finca por modelo arrojó diferencia para los cationes sodio, calcio y magnesio y para lo aniones cloro, bicarbonato y fosfato. En cuanto a los elementos químicos se presentó diferencia en conductividad eléctrica y en la relación de absorción de sodio. La caracterización taxonómica de los suelos del municipio arrojó los siguientes resultados: cuatro fueron clasificados como Typic Dystrudepts Fino Sobre Franco Fino, uno como Typic Dystrudepts Fragmental y uno como Fluventic Ustorthents Franco Grueso Sobre Franco Fino. La concentración de macronutrientes del suelo no presentó diferencias entre las parcelas agroecológicas y la parcela testigo. Los micronutrientes se encontraron en niveles medio a altos sin diferencias entre las parcelas agroecológicas y la parcela testigo salvo en el boro que fue superior en el modelo 3. La implementación de los modelos afectó algunos parámetros de calidad del agua. Se presentó aumento de amonio, bicarbonato, sulfatos y un descenso en hierro, cobre, zinc, boro, manganeso y pH. En relación a las propiedades agroquímicas del suelo se presentó variabilidad espacial alta reflejada en los valores máximo y mínimos y el alto coeficiente de variación observado para cada variable. Al comparar las medias de las variables agroquímicas de la parcela testigo y la parcela agroecológica en los tres modelos, no se



encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Al comparar las variables agroquímicas antes y después del establecimiento de los cultivos en la parcela agroecológica del modelo 1, no se presentó diferencia estadísticamente significativa, lo que indica que los cultivos no tuvieron influencia alguna sobre las propiedades agroquímicas del suelo. En el modelo agroecológico 2, se presentó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en las variables de Materia Orgánica y Carbono Orgánico al comparar antes y después del establecimiento de los arreglos agroforestales. En las dos variables, el contenido fue mayor antes del establecimiento de los cultivos, presentando una disminución después de su establecimiento. Para el modelo agroecológico 3 en la parcela agroecológica, se presentó diferencia estadísticamente significativa para la variable cloruros al comparar la media del antes con la media del después del establecimiento de los arreglos agroecológicos. Las demás variables presentaron comportamiento similar.: Al analizar el municipio como unidad global, en la macrofauna el índice de equidad de Shannon-Wiener fue 3,86, el de diversidad de Margalef 16,48 y el de dominancia de Simpson obtuvo un valor de 0,04, lo cual indica que las especies de mesofauna evaluadas presentaron diversidad baja y dominancia alta antes de implementar el modelo. Luego de implementado el modelo el índice de equidad de Shannon-Wiener fue 3,94, el de diversidad de Margalef 21,47 y el de dominancia de Simpson obtuvo un valor de 0,05, presentando baja diversidad y dominancia alta. En relación a la mesofauna, el índice de equidad de Shannon-Wiener fue 0,89, el de diversidad de Margalef 1,02 y el de dominancia de Simpson obtuvo un valor de 0,53, lo cual indica que las especies de mesofauna evaluadas presentan diversidad baja y dominancia alta antes de implementar el modelo. Luego de implementado el modelo el índice de equidad de Shannon-Wiener fue 1,62, el de diversidad de Margalef 1,55 y el de dominancia de Simpson obtuvo un valor de 0,23, presentando baja diversidad y dominancia alta. Para la microfauna, el índice de equidad de Shannon-Wiener fue 1,58, el de diversidad de Margalef 1,15 y el de dominancia de Simpson obtuvo un valor de 0,23, lo cual indica que las especies de microfauna evaluadas presentaron diversidad baja y dominancia alta antes de implementar el modelo. Luego de implementado el modelo el índice de equidad de Shannon-Wiener fue 1,66, el de diversidad de Margalef 1,41 y el de dominancia de Simpson obtuvo un valor de 0,25, presentando baja diversidad y dominancia alta. Al comparar la población de

plantas de los tres modelos agroecológicos durante los meses de noviembre de 2018 y febrero de 2019, no se presentaron diferencias significativas.

El modelo agroecológico 3, forestal – breve – maíz, presentó el valor más alto en cuanto a población en estos dos meses, con medias de 77,5% y 60,5% para noviembre y febrero respectivamente, mientras que el modelo agroecológico 2, forestal – aguacate – maíz presentó la población más baja en estos dos meses. En los tres modelos, se observa una disminución de la población. Las principales plagas encontradas fueron: hormiga arriera, babosa, falso medidor, cogollero y roya. De la misma manera, se evidenció la presencia de biorreguladores como mariquita y mildeos. Finalmente, se resalta el impacto positivo del proyecto en el aspecto social y productivo de las familias gracias al abordaje y transferencia de conocimiento en aspectos agroecológicos, uso de productos biológicos que apoyados en las TIC conllevan a mejorar los procesos productivos, la competitividad, rentabilidad y calidad de vida.



# INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los esfuerzos de la humanidad se han encaminado a identificar y aplicar alternativas de producción de alimentos de manera sostenible. Las iniciativas de investigación al igual que los avances tecnológicos desarrollados se ha basado en reemplazar productos agroquímicos de alto costo y de gran poder contaminante por tecnologías seguras para el ambiente, poco demandantes de recursos y económicas.

Gran parte de los sectores productivos sufren en la actualidad el impacto del cambio climático, siendo el agropecuario el más golpeado dado su dependencia del clima y de recursos naturales (Álvarez, 2007). La variabilidad del clima que se presenta, trae como consecuencia eventos climáticos adversos y en algunos casos extremos con mayor intensidad de lo habitual. Ausencia de lluvias, inundaciones y altas temperaturas son los principales fenómenos que se presentan y que traen como afectación reducción en la productividad agropecuaria comprometiendo la seguridad alimentaria (Cifuentes 2009). En este escenario, han surgido modelos de producción basados en el uso eficiente de los recursos naturales, con visión sistémica y que propenden por garantizar la despensa de alimentos para la humanidad, como la agroecología.

La agroecología es la disciplina encargada del manejo ecológico de los agro ecosistemas mediante acciones colectivas y sistémicas que conducen a preservar la biodiversidad endógena, ecológica, social y cultural. Esta ciencia nace en la década de los 80 con el fin de promover alternativas de producción y consumo que permitieran reducir la crisis social y ecológica de la humanidad. Se fundamenta en el uso de alternativas de manejo de recursos naturales mediante prácticas de investigación y transferencia de conocimiento integrando otras disciplinas como las ciencias agropecuarias, agroindustriales, ambientales y políticas (Barba, Espinosa, & Suris, 2015).

La agroecología aplica principios ecológicos al diseño, desarrollo y gestión de sistemas productivos agropecuarios sostenibles teniendo en cuenta diferentes puntos de vista como el económico y el social. Por su parte, la investigación agroecológica se basa en las interacciones de la totalidad de los componentes biofísicos, sociales, económicos y técnicas relacionadas con los sistemas productivos, siendo estos la unidad de estudio. Es aquí, donde los procesos y ciclos biológicos, transformaciones de energía, relaciones sociales y económicas son analizadas de manera holística e interdisciplinaria identificando alternativas que permitan sostener niveles de productividad adecuados ocasionando el menor impacto posible al ambiente (Hernández et al. 2011).

En la gran mayoría de países, las prácticas agrícolas están encaminadas a maximizar los rendimientos empleando grandes cantidades de insumos que generan impactos ambientales no deseados, además, de daños en la salud del consumidor final. La innovación tecnológica, la actualización de las políticas relacionadas con el sector agrario, los cambios sociales y económicos y los cambios culturales en la sociedad son necesarios para llevar a la práctica los principios de la agroecología. Para ello, además, es necesario trabajo conjunto e interdisciplinario que permite la integración de las ciencias básicas, sociales, ecología, agroindustria, ambientales, económicas y agropecuarias.

En este escenario, el proyecto *“Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TIC para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte De Santander”*, financiado por el Sistema Nacional de Regalías y operado por la Universidad de Pamplona, tuvo como objetivo evaluar modelos agroecológicos para el desarrollo sostenible y la competitividad de los cultivos promisorios haciendo uso de las TIC además de fortalecer los indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación del departamento.

# CAPÍTULO 1

## Agroecología y desarrollo sostenible



## AGROECOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

### Desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible se da por primera vez en el año 1987 con la publicación del informe Brundtland, que hacía referencia a las consecuencias sobre el medio ambiente del proceso de globalización, el desarrollo tecnológico y el crecimiento económico (Zinck, 1987). En este mismo informe, se trataban las posibles soluciones a esta problemática, además, de la derivada del proceso de industrialización y el crecimiento desmedido de la población. El desarrollo sostenible, es la apuesta a los retos que enfrenta la humanidad: cambio climático, desigualdad, hambruna y escasez de agua, mediante prácticas de equilibrio ambiental, progreso social y desarrollo y crecimiento económico.

El desarrollo sostenible, se define como la capacidad de la sociedad para suplir las necesidades básicas de su población sin afectar el agroecosistema ni incurrir en impactos al ambiente. Su objetivo principal, es mantener al ser humano como especie, supliendo las necesidades del presente, garantizando



las del futuro a través del uso adecuado de los recursos especialmente los naturales (Hernández & Faye, 2017). (Figura 1)

**Figura 1.** Dimensiones del desarrollo sostenible



Fuente. Riestra, 2018

El desarrollo sostenible, requiere de alcanzar un equilibrio entre los aspectos económicos, la sociedad y el medio ambiente:

***Economía:*** equitativa y viable

***Sociedad:*** equitativa y viable

***Medio ambiente:*** vivible y viable.

Como ruta hacia el desarrollo sostenible, las Naciones Unidas aprobaron la agenda 2030 que describe los Objetivos de Desarrollo Sostenible y van encaminados a la protección del planeta y garantizar que todas las personas gocen de bienestar. En este proceso, se requiere de la participación activa de todas las personas, entidades, administraciones y naciones del mundo. Estos objetivos de desarrollo sostenible, se conocen también como objetivos globales y son un llamado a que todas las naciones del mundo afronten estos desafíos y garanticen a toda la población oportunidades de vida digna sin comprometer los recursos naturales ni el planeta.

La figura 2 presenta los objetivos del desarrollo sostenible.

**Figura 2.** Objetivos del desarrollo sostenible



Fuente. Naciones Unidas, 2018

Los objetivos de desarrollo sostenible u objetivos globales se pueden resumir en las siguientes metas:

- Garantizar vida sana mediante eliminación de la pobreza extrema y el hambre.
- Acceso a servicios básicos como agua, energía sostenible y saneamiento.
- Trabajo digno producto de educación inclusiva.
- Fomento de innovación para producción y consumo sostenible.
- Eliminar desigualdades a nivel mundial.
- Conservación del ambiente haciendo frente al cambio climático y mediante protección de todo tipo de ecosistemas.
- Creación de ambiente de paz y desarrollo sostenible.

## La Agroecología

Los diversos sistemas agropecuarios encargados de producir los alimentos han logrado ser la despensa alimentaria de mercados en las diferentes regiones del planeta. Sin embargo, el grado de intensificación en el uso de recursos y la dependencia de insumos externos han llevado a la realización de prácticas como la deforestación, emisiones de gases efecto invernadero

que han provocado pérdida de la biodiversidad, escasez hídrica y agotamiento del suelo (Pound, 2003). Pese a ello, aspectos como la pobreza extrema y el hambre siguen siendo los principales desafíos de la humanidad.

La agroecología, se visualiza como un componente esencial en la respuesta mundial ante situaciones como el cambio climático y el calentamiento global, en busca de sistemas de producción sostenibles como planteamiento viable a las necesidades productivas, económicas y ambientales de la sociedad (Socla, 2009). Dado su enfoque integrador, la agroecología aborda de manera simultánea principios y bases conceptuales para el diseño y puesta en marcha de sistemas agroalimentarios basados en la sostenibilidad. Su fin primordial, es optimizar el funcionamiento de la relación suelo, planta, animal, hombre y ambiente abordando los aspectos sociales que deben tenerse en cuenta en todo sistema agroalimentario sostenible (Pérez & Marasas, 2013).

### **¿Qué distingue a la agroecología?**

La agroecología se basa en procesos territoriales y que buscan dar alternativas de solución contextualizadas a problemáticas locales. Sus innovaciones se basan en la generación de conocimiento combinando los saberes tradicionales locales con los avances tecnológicos mejorando de esta manera, la autonomía y capacidades de resiliencia de las comunidades como gestores de cambio (Clavijo, 2004). La agroecología como ciencia, busca la transformación de sistemas agroalimentarios tradicionales en sistemas sostenibles indagando sobre la problemática que los afecta y permitiendo identificar aspectos de mejora en el largo plazo centrándose en las dimensiones social y económica de las comunidades haciendo hincapié especial en las mujeres, jóvenes y población indígena.

### **Elementos de la agroecología**

La agroecología se basa en 10 elementos o principios que son el ente rector para enfrentar los desafíos planteados por los objetivos del desarrollo sostenible, especialmente, hambre cero y que orientan a las naciones para transformar los sistemas agroalimentarios integrando prácticas sostenibles (Sarandón & Flores, 2014). La FAO establece los siguientes 10 elementos de la agroecología: la diversidad, sinergia, eficiencia, resiliencia, reciclaje

y la creación e intercambio de conocimientos, valores humanos y sociales, cultura y tradiciones alimentarias, economía circular y solidaria y la gobernanza responsable. La tabla 1, describe de forma breve cada uno de estos elementos.

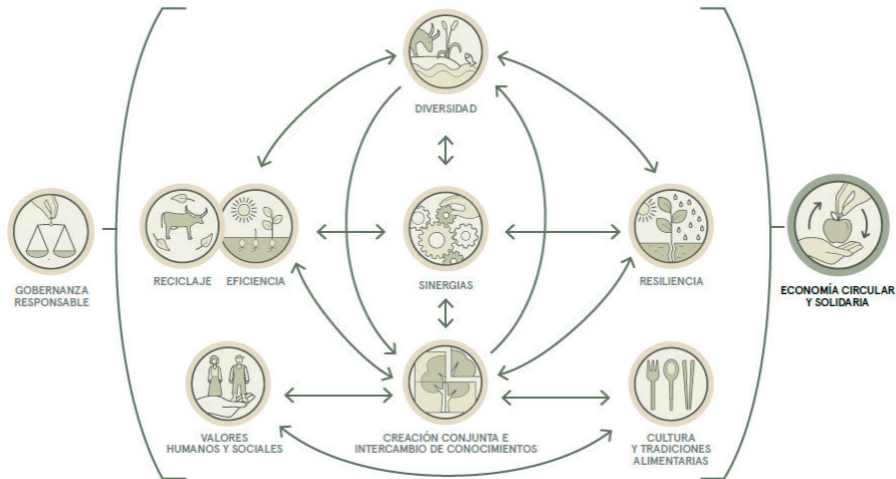
**Tabla 1.** Elementos de la agroecología

| <b>Elemento</b>                                  | <b>Descripción</b>   |
|--|--|
| Diversidad                                       | Indispensable en la transición agroecológica que garantice seguridad alimentaria, prácticas adecuadas de nutrición y conservación de los recursos naturales.   |
| Creación conjunta e Intercambio de conocimientos | Los procesos participativos propician alternativas de solución más adecuadas de acuerdo a los desafíos locales de cada comunidad.  |
| Sinergias  | La creación de sinergias potencializa las funciones principales de los sistemas agroalimentarios favoreciendo su productividad y los servicios ecosistémicos.  |
| Eficiencia                                       | La agroecología y sus prácticas innovadores emplean menos recursos externos en la función de producción.   |
| Reciclaje  | La práctica de reciclaje conlleva a producción con menos costos a nivel ambiental y económico.   |
| Resiliencia                                      | La resiliencia de las comunidades y de los ecosistemas es primordial para la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios.  |
| Valores humanos y sociales                       | La sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios se basa en mejorar la calidad de vida, fomentar la equidad y el bienestar social.   |
| Cultura y tradiciones alimentarias               | Impulsando dietas saludables basadas en la cultura de las regiones aportando de esta manera a la seguridad alimentaria, la nutrición humana y el equilibrio de los agroecosistemas.  |
| Gobernanza responsable                           | La agroecología adopta modelos de gobernanza responsables y eficientes a nivel regional, nacional y mundial.   |
| Economía circular y solidaria                    | Mediante alternativas de solución innovadoras relacionadas con economía circular y solidaria, la agroecología busca generar conexión entre el sector productivo y los consumidores en miras de procesos de inclusión y sostenibilidad. |

Fuente. FAO, 2018

Los 10 elementos de la agroecología están interrelacionados y son interdependientes (Figura 3).

**Figura 3.** Interrelación de los elementos de la agroecología



Fuente. FAO, 2018

Estos elementos se convierten en una herramienta de análisis que conllevan a las naciones a iniciar el proceso de transición hacia modelos productivos agroecológicos mediante procesos de planificación, gestión, evaluación y retroalimentación.

## Biología del suelo

El suelo es considerado un medio dinámico que da sustento a especies vegetales y animales desarrollándose en él procesos fundamentales en los ecosistemas como los ciclos del agua, nitrógeno, carbono y fósforo. Los organismos presentes en el suelo están comprendidos por diversidad de microorganismos como nemátodos, bacterias, protozoarios, hongos, algas y virus (Nicosio, et al., 2019)

De acuerdo a las dimensiones los microorganismos se clasifican como se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Organismos presentes en el suelo

|                |                 |                                       |   |
|----------------|-----------------|---------------------------------------|---|
| Microorganismo | Microflora      | < 5 $\mu\text{m}$                     | Bacterias<br>Hongos                               |
|                | Microfauna      | < 100 $\mu\text{m}$                   | Protozoarios<br>Nemátodos                         |
| Microorganismo | Mesoorganismos  | 100 $\mu\text{m}$ – 2 mm              | Protozoarios<br>Nemátodos                         |
|                | Macroorganismos | 2 – 20 mm                             | Lombrices<br>Barrenadores<br>Caracoles<br>Babosas |
| Plantas        | Algas<br>Raíces | 10 $\mu\text{m}$<br>>10 $\mu\text{m}$ |   |

Fuente. Equipo investigador

En el suelo viven gran variedad de comunidades de fauna, resaltando principalmente la macrofauna, microfauna y mesofauna. En relación a la macrofauna, son organismos invertebrados con tamaño superior a 2 mm. La microfauna está conformada por organismos con tamaño inferior a 0,2 mm destacándose hongos, bacterias, nemátodos y micorrizas. Finalmente, la mesofauna está compuesta por ácaro, dipluros, colémbolos cuyo tamaño oscila entre 0,2 y 2 mm (Benckiser, 2018).

La fauna edáfica juega un papel importante en procesos como el reciclaje de nutrientes, descomposición e incorporación de la materia orgánica y la preservación de la estructura del suelo, mineralización del fósforo y el nitrógeno (García-Álvarez y Bello, 2004). Estos microorganismos mejoran las propiedades físicas del suelo al favorecer la infiltración hídrica y la aireación, motivo por el cual se les conoce como los micro ingenieros del suelo (Socorrás, 2009).



# CAPÍTULO 2

## Metodología





**METODOLOGÍA**

**Descripción de la región de estudio y muestra poblacional**

Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TIC para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte de Santander fue un proyecto financiado por la Gobernación de este departamento mediante el Sistema General de Regalías y ejecutado por la Universidad de Pamplona. Implementó en 15 familias seleccionadas tres modelos agroecológicos en el municipio de La Playa de Belén para el desarrollo sostenible y la competitividad de los cultivos, utilizando las TIC.

A continuación, se presentan las características generales del municipio de La Playa de Belén (Tabla 3) y su ubicación en el departamento (Figura 4).

**Tabla 3.** Características generales de La Playa de Belén

| Municipio         | Altitud (m.s.n.m.) | Temperatura media (°C) | Extensión Total (km2) |
|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| La Playa de Belén | 1.450              | 21                     | 241,25                |

Fuente. Equipo investigador

**Figura 4.** Plano de Localización del proyecto en el Departamento de Norte de Santander.



Fuente. IGAC, 2016.

## **Población objeto y selección de familias**

La selección de las familias beneficiarias y participantes de la iniciativa de investigación, se siguió el direccionamiento de la Gobernación del Departamento a través de ASOMUNICIPIOS en el sentido de fortalecer capacidades de desarrollo sostenible dentro de la región, se priorizaron familias que en su proceder no fueron participes en proyectos de esta índole en vigencias anteriores por parte del departamento.

Identificación de criterios de selección de población objeto:

La identificación y selección de las familias en el municipio se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Vocación agrícola.
- Contar con tres hectáreas de tierra.
- Disponibilidad para destinar dos hectáreas a las actividades del proyecto.
- Estar clasificado como pequeño productor.
- Compromiso para participar en las actividades del proyecto.
- No haber sido beneficiado antes por proyectos similares.
- Saber leer y escribir.

**Población:** De acuerdo a la información suministrada por el censo agropecuario se calculó el número de familias beneficiadas en el municipio (Helmer, et al. 2011):

**Margen error: 10%**

**Nivel de confianza: 95%**

**Población: 15 familias**

**Tamaño de muestra: 15 familias**

**Figura 5.** Ecuación estadística seleccionada para proporciones poblacionales

### Ecuacion Estadistica para Proporciones poblacionales

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$$

- n= Tamaño de la muestra
- Z= Nivel de confianza deseado
- p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito)
- q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)
- e= Nivel de error dispuesto a cometer
- N= Tamaño de la población

Fuente: Corporacionaem.com

- Muestra Poblacional: 15 familias que corresponden a 60 personas.
- Cobertura: municipio de La Playa en las veredas: Aratoque, Carrizal, Corral Viejo, Curasica, El Tunal, Fátima, Las Guamas, Los Curitos, Maciegas y Rosa Blanca.
- Área total de Intervención: 30 hectáreas

La georreferenciación de los predios y de los modelos agroecológicos establecidos en el municipio de La Playa, se detallan a continuación (Tabla 4).

**Tabla 4.** Georreferenciación de los predios municipio de La Playa

| Nombre                     | Casa            |                | asnm  | Lote 1          |                | asnm  | Lote 2          |                | asnm  |
|----------------------------|-----------------|----------------|-------|-----------------|----------------|-------|-----------------|----------------|-------|
|                            | Longitud        | Latitud        |       | Longitud        | Latitud        |       | Longitud        | Latitud        |       |
| Rosa Belén Ruedas          | W73°<br>15.060' | N8°<br>10.755' | 1.374 | W73°<br>14.960' | N8°<br>10.762' | 1.372 | W73°<br>14.926' | N8°<br>10.742' | 1.367 |
| Hermelinda León Guerrero   | W73°<br>12.482' | N8°<br>16.353' | 1.483 | W73°<br>13.019' | N8°<br>16.416' | 1.507 | W73°<br>12.958' | N8°<br>16.338' | 1.481 |
| David Ernesto Claro C Laro | W73°<br>13.196' | N8°<br>12.146' | 1.573 | W73°<br>12.836' | N8°<br>12.138' | 1.730 | W73°<br>12.759' | N8°<br>11.987' | 1.757 |
| Gustavo Ortiz Ortiz        | W73°<br>11.827' | N8°<br>13.118' | 1.616 | W73°<br>11.871' | N8°<br>13.122' | 1.655 | W73°<br>11.780' | N8°<br>13.245' | 1.637 |
| Elibardo Ascanio Ascanio   | W73°<br>11.294' | N8°<br>13.692' | 1.552 | W73°<br>11.525' | N8°<br>13.601' | 1.548 | W73°<br>11.491' | N8°<br>13.680' | 1.484 |
| Yesid Pacheco Carrascal    | W73°<br>14.683' | N8°<br>15.179' | 1.602 | W73°<br>14.437' | N8°<br>15.130' | 1.568 | W73°<br>14.669' | N8°<br>15.197' | 1.600 |

|  | Longitud        | Latitud        |       | Longitud        | Latitud        |       | Longitud        | Latitud        |       |
|--|-----------------|----------------|-------|-----------------|----------------|-------|-----------------|----------------|-------|
| Nombre                                 | Casa            |                | asnm  | Lote 1          |                | asnm  | Lote 2          |                | asnm  |
| <b>Amado Duran Carrascal</b>           | W73°<br>13.574' | N8°<br>15.360' | 1.443 | W73°<br>13.571' | N8°<br>15.228' | 1.475 | W73°<br>13.569' | N8°<br>15.161' | 1.484 |
| <b>Jose Del Carmen Ascanio Ascanio</b> | W73°<br>11.234' | N8°<br>13.530' | 1.591 | W73°<br>11.235' | N8°<br>13.568' | 1.568 | W73°<br>11.478' | N8°<br>13.445' | 1.587 |
| <b>Jairo Ortiz Ortiz</b>               | W73°<br>15.191' | N8°<br>10.403' | 1.358 | W73°<br>15.074' | N8°<br>10.341' | 1.354 | W73°<br>15.026' | N8°<br>10.357' | 1.355 |
| <b>Leonangel Claro Sepúlveda</b>       | W73°<br>14.486' | N8°<br>12.166' | 1.434 | W73°<br>14.512' | N8°<br>12.213' | 1.447 | W73°<br>14.448' | N8°<br>12.166' | 1.435 |
| <b>Ana Carolina Romero Naranjo</b>     | W73°<br>14.065' | N8°<br>13.148' | 1.452 | W73°<br>14.005' | N8°<br>13.149' | 1.451 | W73°<br>13.976' | N8°<br>13.115' | 1.480 |
| <b>José David Ascanio Ascanio</b>      | W73°<br>11.591' | N8°<br>13.288' | 1642  | W73°<br>11.626' | N8°<br>13.254' | 1648  | W73°<br>11.583' | N8°<br>13.298' | 1651  |
| <b>Enrique Luis Salas Herrera</b>      | W73°<br>13.652' | N8°<br>14.188' | 1.555 | W73°<br>13.656' | N8°<br>14.200' | 1.559 | W73°<br>13.659' | N8°<br>14.309' | 1559  |
| <b>Carlos Jorge León Velásquez</b>     | W73°<br>14.859' | N8°<br>11.060' | 1390  | W73°<br>14.806' | N8°<br>11.063' | 1377  | W73°<br>14.665' | N8°<br>11.025' | 1378  |
| <b>Octaviano Tarazona Ramírez</b>      | W73°<br>14.095' | N8°<br>12.595' | 1448  | W73°<br>14.147' | N8°<br>12.995' | 1439  | W73°<br>14.176' | N8°<br>13.042' | 1440  |

Fuente. Equipo investigador

## Ajuste de modelos agroecológicos

Se realizó el ajuste de los modelos agroecológicos con la participación de los agricultores. Se confeccionó previamente un guion para la conducción de la actividad y se entrenaron a los moderadores respecto a la investigación a desarrollar, sus objetivos concretos y la metodología a utilizar.

La actividad se inició con la presentación de los participantes y una técnica de trabajo grupal o dinámica de grupo que permitió a los presentes obtener como lección aprendida “la importancia del líder en un grupo de trabajo”, ya que en primera instancia se pretendió que los agricultores participantes en el proyecto se convirtieran en líderes agroecológicos y de los sistemas agroforestales en la zona.

Se realizaron mesas de trabajo con los agricultores (líderes y familiares de las cinco fincas propuestas para cada modelo) y se trabajó finalmente en sesión plenaria. Tanto en las mesas de trabajo como en el plenario de dio libertad a los participantes a que realizaran su análisis y las propuestas de los cultivos promisorios más adecuados para los modelos agroecológicos propuestos para el municipio de La Playa de Belén.

Bajo la guía de un facilitador o moderador, los criterios sobre los cultivos y especies de forestal de los modelos agroecológicos propuestos fueron reflejados en un papelógrafo, así como la propuesta de los nuevos cultivos.

Durante el proceso trabajo de la mesa técnica el moderador seleccionó un líder por equipo para que expusiera en el plenario. Se condujo el plenario por un moderador. Cada líder expuso las propuestas de su equipo y se sometieron a debate y después a consenso donde fueron aprobados los modelos agroecológicos definitivos para el municipio de La Playa de Belén.

## **Caracterización socioeconómica de las familias**

Partiendo de la situación existente y dadas las características del proyecto, se realizó un análisis socioeconómico de las familias participantes, permitiendo así conocer las condiciones intrínsecas de la población, tomando en cuenta residencia, características del núcleo familiar y de la vivienda, ingresos, actividades ocupacionales, nivel de escolaridad y los servicios con los cuales cuentan teniendo como base en los diagnósticos dados por la Gobernación de Norte de Santander, el censo agropecuario realizado por el DANE y aquellas realizadas por diferentes instituciones académicas del departamento. De esta manera, se obtuvo una visión objetiva de las familias participantes.

Para realizar el estudio se hicieron visitas a los domicilios y trabajo de campo, lo cual proporcionó un panorama de primera mano. Asimismo, se diligenció una encuesta con los siguientes aspectos: se evaluó el aspecto social tomando dos grupos de variables la primera de ella se le preguntó a los beneficiarios información general de identificación y ubicación mediante 23 preguntas, el segundo grupo variables hace referencia a la información familiar; una parte la composición del grupo familiar mediante 2 preguntas y la otra Información de afiliación al sistema general de seguridad social en salud mediante 4 preguntas.

El aspecto económico se evaluó mediante tres variables: la variable sobre la Información económica mediante 17 preguntas, la variable sobre la información de ingresos mediante 5 preguntas y por último la variable de estado de vías de acceso al predio mediante 4 preguntas; para un total de 26 preguntas.

## **Caracterización agroeconómica de los predios y de las familias**

Partiendo de la situación existente y dadas las características del proyecto, se realizó un análisis agroeconómico de las familias participantes, permitiendo así conocer aspectos de las unidades productivas, áreas destinadas a la producción agrícola, ingresos, cultivos, asistencia técnica, análisis de agua y otros aspectos propios de la actividad productiva.

Para realizar el estudio se efectuaron visitas y trabajo de campo, lo cual proporcionó un panorama de primera mano. Asimismo, se diligenció una encuesta previamente elaborada, con la siguiente estructura: en el aspecto agroeconómico se evaluó igualmente con dos ítems, el productivo y el organizacional, para el primero de ellos se midió la producción y comercialización mediante 28 preguntas y el consumo de alimentos con 1 pregunta; para el segundo se midió las redes de innovación y organización mediante 8 preguntas, la confianza mediante 1 pregunta y los centros de acopio con 1 pregunta para un total de 39 preguntas.

## **Implementación de prácticas agroecológicas**

Para el análisis de implementación de prácticas agroecológicas, se aplicó una encuesta a los productores beneficiarios del proyecto en el municipio durante las visitas a las fincas. Se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos en la encuesta: método de labranza, rotación de cultivos, prácticas de conservación de suelos, manejo integrado de plagas, uso de bioplaguicidas, micorrizas, compostaje, biofertilizantes, abonos orgánicos, protección de nacederos y bosques, cosechas de agua, policultivo, comercialización, semillas nativas, combinación de la producción con especies pecuarias, manejo de residuos, tenencia de apiario, para un total de 37 preguntas.

## **Caracterización físico química del agua**

Las consideraciones generales que se tuvieron en cuenta durante el muestreo fueron:

Se realizó limpieza y desinfección de los recipientes a utilizar, teniendo en cuenta dos enjuagues consecutivos y que los recipientes tuvieran compa-



tibilidad con el tipo de análisis para evitar variación en los resultados. Se procedió a la identificación de las muestras de cada uno de las fincas. La muestra se recolectó a la mitad del área de flujo para garantizar su representatividad. Se remitieron al laboratorio para determinar las variables que se relacionan a continuación (Tabla 5):

**Tabla 5.** Variables evaluadas en la caracterización del agua

| <b>Variab</b> les  | <b>Unidad</b> | <b>Elemento</b>            |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| Cationes           | meq/L         | Sodio                      |
|                    |               | Potasio                    |
|                    |               | Calcio                     |
|                    |               | Magnesio                   |
|                    |               | Amonio                     |
| Aniones            | meq/L         | Cloruros                   |
|                    |               | Sulfatos                   |
|                    |               | Carbonatos                 |
|                    |               | Bicarbonatos               |
|                    |               | Nitratos                   |
|                    |               | Fosfatos                   |
| Elementos químicos | ppm           | Hierro                     |
|                    |               | Manganeso                  |
|                    |               | Cobre                      |
|                    |               | Zinc                       |
|                    |               | Boro                       |
| Dureza             |               | pH                         |
|                    |               | C.E. (mS/cm)               |
|                    |               | RAS                        |
|                    |               | Dureza total (mg/L)(CaCO3) |

Fuente. Equipo investigador

Se aplicaron pruebas de estadística descriptiva para todas las variables de estudio con el empleo del paquete estadístico SPSS lo que permitió identificar las diferencias entre los predios del municipio.

# Caracterización taxonómica y agroquímica de suelos

## Caracterización taxonómica

Teniendo en cuenta los datos recopilados en campo y al levantamiento topográfico de la zona se realizó la descripción de los perfiles del suelo determinando sus características diferenciales de acuerdo al proceso de sedimentación de la zona (Figura 6). Este análisis estuvo determinado por las condiciones topográficas de cada zona de estudio.

Dentro de lo materiales empleados, se destacan: pico y pala, bandejas para recolección de la muestra, metro, clinómetro, cámara fotográfica, rotuladores, altímetro, tablas Munsell, CHI, agua, bolsas de cierre hermético y hojas de caracterización de perfiles de suelo.

**Figura 6.** Descripción de perfiles de suelo en campo



Fuente. Equipo investigador

A continuación, se presenta un formato guía para realizar la descripción de suelos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Instructivo para la toma de datos de perfil de suelo.

| Localización |                     |                   |                |                    |                      |             |
|--------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------------|-------------|
| Departamento | Municipio           | Vereda            | Nombre predio  | Nombre propietario | Altitud msnm         | Coordenadas |
| Paisaje      |                     |                   |                |                    |                      |             |
| Relieve      | Pendiente           | Material parental | clima          | Precipitación      | Temperatura          | Drenaje     |
| Erosión      | Movimientos en masa | Pedregosidad      | Nivel freático | Inundaciones       | Profundidad efectiva | Uso actual  |
| Cultivos     | Vegetación natural  | Limitantes de uso |                |                    |                      |             |

Fuente. Equipo investigador

### Descripción del suelo:

La descripción de los suelos, se llevó a cabo teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo según la metodología propuesta (Tabla 7).

**Tabla 7.** Descripción de perfil de suelo

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| <b>Horizonte</b>   | Observaciones: |
| <b>Profundidad</b> |                |
| <b>Horizonte</b>   | Observaciones: |
| <b>Profundidad</b> |                |
| <b>Horizonte</b>   | Observaciones: |
| <b>Profundidad</b> |                |

Fuente. Equipo investigador

### Caracterización agroquímica

Para adelantar esta actividad en cada una de los predios identificados y con base en registros de información del estudio de suelos de la FAO, así como las bases y metodologías en la toma de análisis de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; se realizó un muestreo para análisis de fertilidad, tomando sub muestras (15 a 20 muestras) en cuadrícula, zigzag, sinuosa de acuerdo a la topografía de la zona. Se efectuó un corte en V a 30 cm de profundidad eliminando los bordes. El material recolectado se llevó a un balde plástico para su mezcla y homogenización lo que permitió obtener una muestra compuesta que representó todo el lote, con un peso de 500 g. Se procedió a su empaque e identificación de acuerdo a los requerimientos del laboratorio. A continuación, se muestran las variables analizadas en el estudio de suelos (Tabla 8):

**Tabla 8.** Variables evaluadas en el análisis agroquímico del suelo

| <b>Variables</b> |      | <b>Unidad</b> |
|------------------|------|---------------|
| Agroquímicos     | pH   |               |
|                  | C.E. | m.S/cm        |

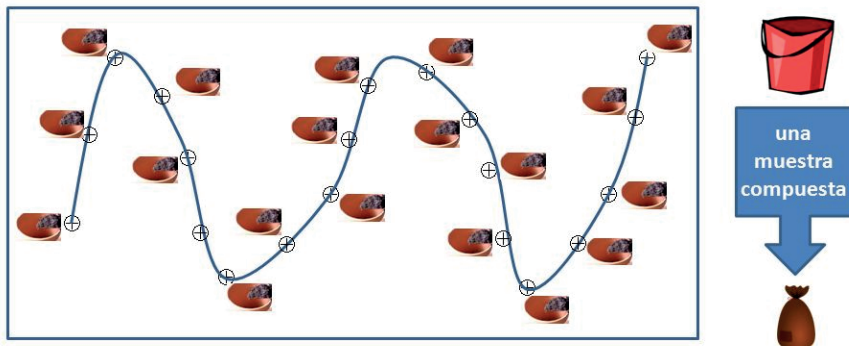
| Variables                  |                     | Unidad       |
|----------------------------|---------------------|--------------|
| Agroquímicos               | Arena               | %            |
|                            | Limo                |              |
|                            | Arcilla             |              |
|                            | Materia orgánica    |              |
|                            | Carbono orgánico    |              |
|                            | Sat. Humedad        |              |
|                            | Sat. Bases          |              |
|                            | Densidad aparente   | g/cc         |
| Macroelementos             | Potasio             | meq / 100 cc |
|                            | Calcio              |              |
|                            | Magnesio            |              |
|                            | Fósforo             | ppm          |
|                            | N - NH <sub>4</sub> |              |
|                            | N-NO <sub>3</sub>   |              |
|                            | Azufre              |              |
| Microelementos<br>y C.I.C. | Sodio               | meq / 100 g  |
|                            | Cloro               |              |
|                            | Hierro              | ppm          |
|                            | Manganeso           |              |
|                            | Cobre               |              |
|                            | Zinc                |              |
|                            | Boro                |              |
|                            | Aluminio            | meq / 100 g  |
|                            | C.I.C.              |              |

Fuente. Equipo investigador

La toma de muestras para el análisis de suelos, se realizó en dos periodos: En el primero se realizó antes de establecer, tanto los cultivos control como los cultivos con enfoque agroecológico (establecimiento de cultivos). La segunda muestra se realizó antes de comenzar el segundo periodo de siembra de los cultivos transitorios. Para este caso, se realizó un muestreo de las 30 ha en dos periodos, para un total de 60 muestras durante la ejecución del proyecto. Al final de la recolección de la información, se realizó el análisis

respeto a las variables fisicoquímicas presentadas en los predios (Figura 7).

**Figura 7.** Protocolo de desplazamiento en forma zig-zag para la toma de muestras de suelo.



Fuente. Equipo investigador

Los resultados dados por el laboratorio permitieron alimentar la base de datos descrita en la etapa 2 para la elaboración de los modelos agroecológicos.

### **Análisis estadísticos**

Se realizó un muestreo inicial antes del establecimiento de los modelos agroecológicos. Se efectuó análisis estadístico descriptivo para las variables agroquímicas y químicas (macroelementos y microelementos) determinadas. También se realizó para estas variables una comparación de las medias de las parcelas testigos y las agroecológicas dentro del municipio. Se empleó el método de muestras no pareadas por la prueba de t de Student con una probabilidad de error del 5 %. Se utilizó el paquete estadístico SPSS.

### **Caracterización biológica del suelo**

Para conocer la riqueza asociada al suelo de cada uno de los predios, se implementaron tres metodologías que permitieron conocer la artropofauna en dos escalas y la microfauna, aportando al conocimiento de las dinámicas del suelo a diferentes escalas tróficas.

## **Macrofauna**

Se emplearon tres monolitos de 30 cm tanto de largo como de ancho y profundo para recolectar la macrofauna en los predios con ayuda de un Palín.

En cada uno de los monolitos se realizó la colecta de la fauna de forma segmentada, haciendo revisión con lupa de fragmentos de 10 cm en bandejas blancas lo que facilitó la identificación de artrópodos y anélidos. Cada individuo fue almacenado en alcohol al 70% en frascos etiquetados para su identificación taxonómica.

Posteriormente, se realizó cambio del alcohol para reducir riesgo de pérdidas del material biológico. Se continuó con la revisión para su clasificación taxonómica con el apoyo de claves dicotómicas y estereoscopios como (Carvalho, 1972) para Miridos, (Mound & Geoffrey, 1998) para Thysanoptera, (Amett & Thomas, 2000), (Castañeda-Vildosola, y otros, 2007) para Coleoptera, (Triplehorn & Johnson, 2005) para corroboración y demás individuos recolectados.

## **Mesofauna**

Para la mesofauna, se emplearon dos monolitos de 10 cm de ancho, largo y profundo por predio. Las muestras recolectadas se depositaron en bolsa ziplock e identificadas. Posteriormente, las muestras se llevaron al embudo de Berlese- Tyllgren por 72 horas para que los artrópodos llegaran al fondo de este embudo y cayeran en un frasco con alcohol al 70%. Finalizadas las 72 horas se realizó una sistematización de la información obtenida.

La identificación se realizó con ayuda de claves dicotómicas de (Krantz 2009) para ácaros, se llegó a nivel taxonómico de orden como; Cryptostigmata u Oribatida, Astigmata, Prostigmata y Mesostigmata, para la identificación de Collembola se usó la clave de (Díaz Azpiazu, González Cairo, Palacios-Vargas, & Lucíañez Sánchez, 2004).

## **Microfauna**

Se tomaron submuestras de 100g de suelo en 10 puntos de manera aleatoria cerca de la región de gotera de la planta dominante a 20 cm de profundidad. Se homogenizaron las muestras y se generó una única muestra de 500g. Se trasladaron las muestras aisladas a 4°C para su extracción.

### **Obtención de nemátodos**

Se tomó una submuestra de suelo de 100g mezclándola con 2 litros de agua destilada estéril y agitando por 30 segundos y dando dos minutos de reposo para dar lugar a la sedimentación de partículas. La suspensión se pasó por un tamiz de 350  $\mu$ m y los nemátodos se colectaron en un tamiz de 37  $\mu$ m. La suspensión se centrifugó por 5 minutos a 3.500 rpm descartando el sobrenadante. El sedimento fue suspendido en solución de sacarosa en proporción 1:1 centrifugándose nuevamente por 2 minutos a 1.000 rpm recolectando los nemátodos en un tamiz de 37  $\mu$ m. Los especímenes que se hallaron sobre la malla se lavaron y arrastraron con ADE, y luego se colectaron en una caja de Petri. La suspensión, contenida en el vaso, se distribuyó en tubos de ensayo para su análisis e identificación.

### **Obtención de Protozoarios**

En una muestra de 50 g de suelo se adicionó agua destilada estéril agitando hasta homogenizar la mezcla dejando en reposo por tres días. Posterior a ello, se colocó una gota del sobrenadante en el microscopio para identificar y registrar los protozoarios presentes.

### **Obtención de Turbelarios y Rotíferos**

Se tomó una muestra de 50 g de suelo a la cual se le adicionó 500 ml de agua destilada estéril, licuándose por 5 segundos. Posteriormente se pasó la mezcla por tamices de 300, 450, 1000 y 2000  $\mu$ m. La solución se llevó a una caja de Petri para identificación en microscopio y estereoscopio.

## **Análisis de datos**

Se elaboraron curvas de rango de abundancia para determinar la distribución de especies en cada uno de los predios. Con los datos de riqueza y abundancia se calcularon índices de biodiversidad (Medrano & Hernández, 2017) como se muestra a continuación:

- Índice de Riqueza específica: S
- Índice de diversidad de especies de Margalef=  $DMg = (S-1) / \ln(N)$ .
- Índice de equidad de abundancia: (Shannon-Wiener)  $H' = - \sum (p_i) \ln(p_i)$
- Índice de dominancia de Simpson (D) =  $\sum p_i^2$

Siendo,

N= número total de individuos de todas las especies.

S= número de especies identificadas.

$p_i$ = proporción de la abundancia de una especie  $i$ , en relación al total de individuos de todas las especies.

## **Inventario forestal**

Teniendo en cuenta el impacto que tienen las especies forestales dentro de un ecosistema, se realizó un levantamiento de estas especies, para determinar su potencial, interacción en el entorno, aprovechamiento y aporte al ecosistema de cada zona de estudio. Para ello, se realizó muestreo en los predios de manera visual y objetiva en cuenta lo siguiente:

- Variedad de especie forestal presente.
- Área de cobertura forestal.
- Cantidad de especies forestales presentes.
- Sanidad y vitalidad de las especies forestales.
- Funciones productivas de las especies forestales en el sistema productivo.
- Estado de plantaciones forestales.
- Contribución de la especie forestal al ecosistema.
- Beneficios económicos, culturales y sociales de las especies forestales.



## **Validación de modelos agroecológicos: ambiental y agroecológica**

### **Efecto de los modelos agroecológicos sobre las propiedades físico químicas del agua.**

Se realizó un segundo muestreo para la caracterización físico química del agua. De igual forma se tomaron 30 muestras de agua entre los meses de marzo abril de 2019, dos por cada uno de los 15 predios del Proyecto Plantar y otras 2 al finalizar el proyecto.

Se realizó el mismo procedimiento descrito en el epígrafe 3.6. Se procedió a la identificación de las muestras de cada uno de las fincas. La muestra se recolectó a la mitad del área de flujo para garantizar su representatividad. Se remitieron al laboratorio para determinar las variables ya relacionadas en el epígrafe 3.6

Se realizó un análisis estadístico de comparación de t de Studentes entre los valores de las variables antes y después en cada modelo y municipio para todas las variables determinadas con el empleo el paquete estadístico SPSS. Se empleó el método de muestras no pareadas con una probabilidad de error del 5 %.

### **Efecto de los modelos agroecológicos sobre las propiedades agroquímicas del suelo**

Para determinar el efecto de la implementación de los modelos agroecológicos sobre las propiedades físico químicas del suelo, se tomaron muestras de suelo para su respectivo análisis de laboratorio siguiendo los aspectos señalados en el literal 2.7.2. Una vez obtenidos los resultados, se realizaron pruebas de estadística descriptiva para todas las variables agroquímicas determinadas.

Se realizó para estas variables una comparación de las medias de las parcelas testigos y las agroecológicas dentro del municipio antes y después de la implementación de los modelos agroecológicos. También se realizó un análisis entre la parcela testigo y entre la parcela agroecológica dentro de cada uno de los modelos. Se empleó el método de muestras no pareadas por

la prueba de t de Student con una probabilidad de error del 5 % mediante el paquete estadístico SPSS.

### **Efecto de los modelos agroecológicos sobre la biología del suelo**

Con el fin de determinar el efecto de los modelos agroecológicos implementados sobre la biología del suelo, se llevó a cabo un segundo muestreo después de su establecimiento. Los datos obtenidos fueron comparados con el primer muestreo en lo que respecta a los índices de biodiversidad edáfica por predio: abundancia, riqueza específica, diversidad de Margalef y dominancia de Simpson mediante análisis descriptivo.

### **Paquetes agroecológicos implementados por parcelas, modelos y fincas**

Se estuvo recopilando la información desde que se seleccionó cada parcela sobre las prácticas agroecológicas implementadas. Las mismas se consideraron antes de la siembra o plantación, durante la siembra y posterior durante el desarrollo del cultivo.

Se confeccionaron tablas resúmenes y se realizaron comparaciones en gráficos entre las parcelas agroecológicas y las testigos, así como entre los modelos agroecológicos.

Esta información se empleó también para discutir el desarrollo de los cultivos y la repercusión sobre la incidencia de plagas y enfermedades

### **Desarrollo de los cultivos en los modelos agroecológicos**

Los cultivos dentro de los 3 modelos agroecológicos se comenzaron a sembrar en los meses de agosto - septiembre comenzando por los forestales, los frutales o semipermanentes y por último los transitorios. Los tres modelos agroecológicos se ajustaron participativamente dentro de cada municipio quedando conformados de la siguiente forma (Tabla 9):

**Tabla 9.** Conformación de los modelos agroecológicos

| <b>Municipio</b> | <b>Modelos agroecológicos</b>  |
|------------------|--------------------------------|
| <b>La Playa</b>  | 1 -Roble-Aguacate-Frijol       |
|                  | 2 -Roble-Aguacate-Maíz (R-A-M) |
|                  | 3 - Roble-Brevo-Maíz (R-B-M)   |

Fuente. Equipo investigador

### **Población de los cultivos**

Se determinó el porcentaje de población mensualmente de cada cultivo por parcela, sin embargo, se tomaron para la presente valoración los datos obtenidos en los meses de noviembre de 2018 y febrero de 2019.

Se realizaron ANOVAs de un solo factor para cada la variable porcentaje de población entre los tres modelos agroecológicos en dos momentos noviembre de 2018 y febrero 2019, entre las fincas dentro de cada municipio y entre agricultores, o sea, interacción modelo finca por municipio. También se realizaron ANOVAs simples entre los municipios, la interacción modelos fincas y entre los 3 modelos del proyecto.

Los datos en porcentajes se transformaron en  $2\arccos(\sqrt{\%/100})$  (Learch, 1977) y se sometieron al análisis una vez comprobado el supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Las medias se compararon con la prueba de Tukey para  $p < 0,05$ .

Además, se realizó un análisis multivariado por el método de clasificación de agrupación en forma de árbol con la población de los cultivos en noviembre de 2018 en febrero 2019 tanto por modelo agroecológico como por municipio. En todos los casos se empleó el paquete estadístico SPSS.

### **Dinámica del desarrollo de los cultivos por parcela**

Se midieron las variables morfométricas de los cultivos presentes en cada sistema agroforestal de forma periódica (frecuencia mensual, bimensual o trimestral en dependencia del tipo de planta y el municipio) en dependencia de la fecha de plantación desde noviembre de 2018 hasta junio de 2019. Las variables morfométricas que se midieron la misma semana en la parcela agroecológica y en la testigo para las diferentes especies de forestales y

árboles semiperennes aparecen en la tabla 10:

**Tabla 10.** Variables morfométricas evaluadas

| Cultivo  | Meses                         | Variables                   |
|----------|-------------------------------|-----------------------------|
| Roble    | Enero, marzo y abril          | Altura y diámetro del tallo |
| Aguacate | Enero, febrero, marzo y abril | Altura y diámetro del tallo |
| Brevo    | Enero, marzo y abril          | Altura y diámetro del tallo |

Fuente. Equipo investigador

Se realizaron ANOVAs de un factor para cada la variable morfoagronómica, entre la parcela agroecológica y las parcela testigo. Para el caso de los forestales se consideraron los tres Sistemas Agroforestales juntos dentro del municipio, por ser repetitivo este, y para el resto de los cultivos se hicieron las comparaciones entre las cinco parcelas agroecológicas y las cinco parcelas testigos dentro de cada modelo agroecológico particular. Los datos se sometieron al análisis una vez comprobado el supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Las medias se compararon con la prueba de Tukey para  $p < 0,05$  empleando el paquete estadístico SPSS.

También se confeccionaron graficas de desarrollo de los cultivos forestales y perennes y se discuten las causas de cada comportamiento

### **Incidencia de plagas y enfermedades**

La incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos fue determinada mediante monitoreo estimando incidencia, distribución y frecuencia de los organismos y el impacto económico sobre los cultivos. Esta información llevó a generar estrategias agroecológicas para el manejo integrado de plagas y enfermedades.

Para realizar el monitoreo, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Nombre del participante.
- Lugar (municipio /vereda)
- Nombre de la finca.
- Cultivo.
- Especie plaga encontrada.
- Estructura de la planta encontrada.
- Nombre de quien realiza la planilla.
- Fecha del registro.
- Incidencia de la plaga y de la enfermedad (porcentaje)
- Controladores naturales encontrados en los cultivos.

- Nivel de daño.
- Observaciones: especies de controladores naturales, estado fenológico de la planta, controles químicos y físicos registrados algún control efectuado, etcétera.

Con base en lo anterior, a lo largo de la ejecución del proyecto se monitoreó la severidad e incidencia y la frecuencia de plagas y enfermedades que se presenten en los cultivos con una periodicidad de 30 días, en ambos sistemas (agroecológico y convencional), el monitoreo se realizó teniendo en cuenta el desarrollo del cultivo en sus diferentes estados fenológicos, contemplando un seguimiento de por lo menos 11 meses, generando reportes cada mes con base en cada modelo agroecológico y cada zona objeto de estudio.

Para los insectos y ácaros plagas se realizó un conteo directo para determinar la incidencia por plantas atacadas o dañadas en relación a las evaluadas en porcentaje, así como la intensidad del ataque en individuos por planta u órgano atacado (media aritmética).

Para las enfermedades se aplicó la escala de grado general dividida en clases o grados (Tabla 11):

**Tabla 11.** Escala de grado general dividida en grados para la evaluación de enfermedades.

| Grado | Descripción   |
|-------|---|
| 0     | Planta sana   |
| 1     | Solo algunas manchas, hasta el 5 % del área foliar afectada |
| 2     | Desde el 6 al 25 % del área foliar afectada                 |
| 3     | Desde el 26 al 50 % del área foliar afectada                |
| 4     | Desde el 51 al 75 % del área foliar afectada                |
| 5     | Más del 75% del área foliar afectada                        |

Fuente. Equipo investigador

Con la información obtenida en los muestreos se determinó para cada enfermedad el Porcentaje de Distribución o Incidencia por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{n \text{ (Plantas afectadas)}}{N \text{ (Plantas evaluadas)}} \times 100$$

Así como la intensidad o severidad de ataque. Este último indicador porcentaje de tejido enfermo o porcentaje de infestación se calcula por la fórmula de Townsend y Heuberger.

$$\% I = \sum \left[ \frac{a \times b}{KN} \right] 100$$

Donde:

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| I. Intensidad o severidad        | a de la escala                         |
| a grado de la escala             | K Grado máximo de la escala            |
| b número de plantas con un grado | N. Número total de plantas muestreadas |

Para los cultivos de porte bajo se evaluaron 50 plantas y para los árboles 20 plantas en se evaluaron una rama por cuadrantes por árbol y en ella el follaje, las flores y los frutos.

Para el follaje de evaluó la incidencia y severidad y en los frutos, flores y las enfermedades radiculares o del tallo solo se evaluará la incidencia.

Para el caso de las plagas de insectos y ácaros se evaluó incidencia en plantas, hojas y ramas según el porte del cultivo y la característica de la plaga.

La severidad de ácaros e insectos se midió como la población promedio por rama, hoja, flor o fruto, o sea, por unidad de observación y en individuos por planta u órgano muestreado.

Para el picudo negro del plátano se ubicaron trampas de pseudotallo o de tocón y se determinó el número de insectos adultos a las 24 horas por trampa.

### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, así como graficas de las dinámicas de los agentes nocivos más importantes.

### **Validación social de los modelos agroecológicos**

Se desarrolló un taller de validación social de los modelos agroecológicos por cada municipio involucrado en el proyecto. Se realizaron mesas de trabajo con los agricultores (líderes y familiares de las cinco fincas) y se trabajó finalmente en sesión plenaria. Tanto en las mesas de trabajo como en el plenario se utilizó como instrumento de investigación una versión de la matriz FODA para que los agricultores expusieran y relacionaran en un papelógrafo bajo la guía del facilitador las fortalezas y debilidades, y las amenazas y oportunidades (FODA) de los diseños agroecológicos, así como un plan de acción para las mejoras de los mismas. Se realizó además una encuesta a los agricultores.

#### **Mesas de trabajo**

Durante esta fase los agricultores hicieron la matriz FODA por Modelos agroecológico y seleccionaron el un líder de ese equipo para que expusiera en el plenario. También propusieron un plan de acción para la sostenibilidad del proyecto relacionado con:

- Propuestas de mejoras de los modelos agroforestales
- Para que los modelos más exitosos sean asimilados por otros agricultores de la zona.
- Para lograr la sostenibilidad del proyecto a partir de los resultados obtenidos.
- Mejoras para futuros proyectos de este tipo.

Desarrollo del plenario:

- Se condujo por un moderador
- Cada líder expuso las FODA del modelo agroecológico de su equipo
- Cada líder u otro miembro del equipo expuso la propuesta de mejora

La información obtenida se tabuló para realizar los cruzamientos y la estadística de la matriz de FODA, de forma que se concluya sobre los modelos más exitosos, el nivel de aceptación y de adopción, así como los tipos de estrategias a encaminar con estos resultados. Además, a partir del orden de frecuencia de las mejoras propuestas, resumir a nivel municipal y del proyecto las acciones para mejorar el mismo, el logro de mayor sostenibilidad, las cuales servirán de pautas para proyectos similares que se aprueben por Colciencias

### **Encuesta a los agricultores**

Se aplicó una encuesta de 10 preguntas que se le aplicó al líder de cada finca. Esto tuvo el objetivo de medir el nivel de satisfacción del agricultor con su modelo agroecológica, con el proyecto, la disposición de multiplicar la tecnología y de participar en otro proyecto similar.





# CAPÍTULO 3

## Resultados y análisis de resultados



**RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**Ajuste de modelos agroecológicos**

Como resultado de las mesas de trabajo en el municipio de La Playa de Belén, se seleccionaron los siguientes modelos agroecológicos (tabla 12):

**Tabla 12.** Modelos agroecológicos propuestos en el municipio de La Playa de Belén

| Nº | Predio         | Modelo Agroecológico                   | Altura<br>(msnm) |
|----|----------------|--|------------------|
| 1  | Carrizal       | Modelo 1: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.367            |
| 2  | Llano Seco     | Modelo 1: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.481            |
| 3  | San Agustín    | Modelo 1: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.637            |
| 4  | San Roque      | Modelo 1: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.484            |
| 5  | Los Pumarrosos | Modelo 1: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.757            |
| 6  | El Placer      | Modelo 2: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.600            |
| 7  | El Limón       | Modelo 2: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.484            |
| 8  | El Rincón      | Modelo 2: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.435            |
| 9  | El Filo        | Modelo 2: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.587            |
| 10 | El Porvenir    | Modelo 2: Forestal – Aguacate – Frijol | 1.355            |
| 11 | Mogotes        | Modelo 3: Forestal – Brevo – Maíz      | 1.440            |
| 12 | La María       | Modelo 3: Forestal – Brevo – Maíz      | 1.480            |
| 13 | Llano del Hato | Modelo 3: Forestal – Brevo – Maíz      | 1.559            |
| 14 | La Vaquera     | Modelo 3: Forestal – Brevo – Maíz      | 1.651            |
| 15 | Carrizalito    | Modelo 3: Forestal – Brevo – Maíz      | 1.378            |

Fuente. Equipo investigador

Se propusieron modelos iniciales, que fueron discutidos con los agricultores, hasta llegar a un acuerdo y contar con los modelos agroecológicos finales (Tabla 13).

**Tabla 13.** Modelos agroecológicos iniciales y finales municipio de La Playa de Belén

| Municipio | Modelos agroecológicos iniciales | Modelos agroecológicos finales |
|-----------|----------------------------------|--------------------------------|
| La Playa  | 1 -Forestal-Aguacate-Maíz/frijol | 1 -Roble-Aguacate-Frijol       |
|           | 2 -Forestal-Limón-Maíz/frijol    | 2 -Roble-Aguacate-Maíz (R-A-M) |
|           | 3 -Forestal-Brevo-Maíz           | 3 - Roble-Brevo-Maíz (R-B-M)   |

Fuente. Equipo investigador

También se definieron las variedades de cada uno de los cultivos semiperennes y transitorios, así como la densidad poblacional por hectárea, al definir los marcos de plantación y de acuerdo a los arreglos espaciales y como consecuencia el número de plantas/ha. Se aprobó la propuesta de los agricultores de combinar varias variedades de cacao en la misma parcela, así como el clon de plátano específico para cada municipio (Tabla 14).

**Tabla 14.** Modelos y sistemas agroforestales con sus variedades y densidades poblacionales aprobados por los agricultores en los talleres participativos.

| Municipio | Modelo | Cultivo Forestal |            | Cultivo semiperenne |            | Cultivo transitorio |                  |
|-----------|--------|------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------------|
|           |        |                  | Plantas/ha |                     | Plantas/ha |                     | Marco de siembra |
| La Playa  | 1      | Roble            | 20         | Aguacate choquette  | 156        | Maíz porva          | 0,3x0,5          |
| La Playa  | 2      | Roble            | 20         | Aguacate choquette  | 156        | Frijol b. roja      | 0,3x0,5          |
| La Playa  | 3      | Roble            | 20         | Brevo               | 250        | Maíz porva          | 0,3x0,5          |

Fuente. Equipo investigador

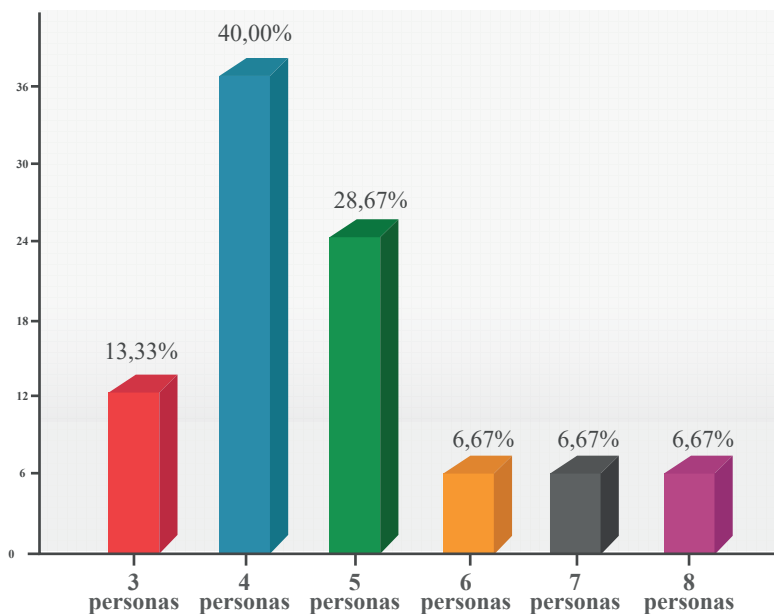
## Caracterización socioeconómica de las familias

De acuerdo a la caracterización realizada a la población beneficiaria del proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados:

### Composición del núcleo familiar

El número de integrantes del núcleo familiar en el sector rural tiene gran importancia, y radica que sus miembros son la principal fuente de mano de obra para los sistemas de producción que son la principal fuente de ingresos y sustento para la familia. En la población beneficiaria, el 40% de los núcleos familiares está conformado por cuatro integrantes y poco más del 26% por cinco personas (Figura 8).

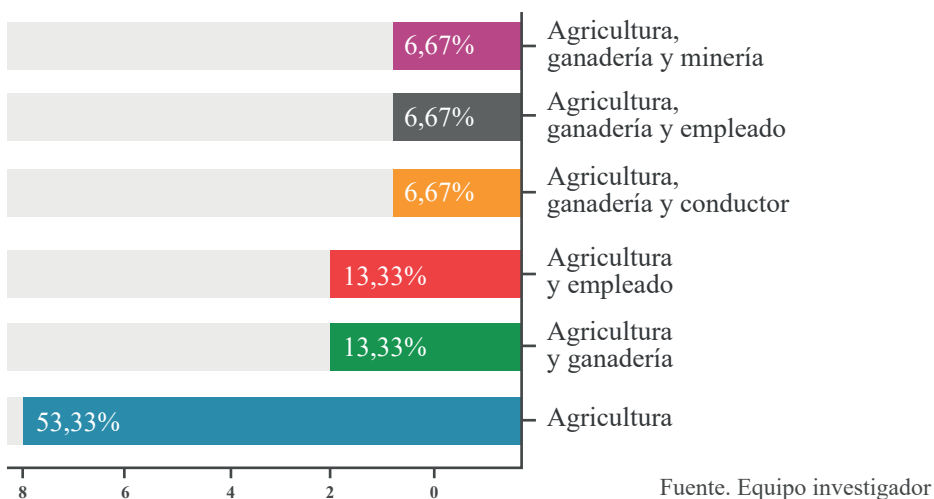
**Figura 8.** Número de miembros del núcleo familiar



Fuente. Equipo investigador

En más del 86% de los casos, el sustento de la familia depende exclusivamente del padre, siendo la principal fuente de ingresos, mientras que los hijos y la madre tienen una participación del 6%. La actividad económica principal está relacionada la agricultura y actividades afines (Figura 9).

**Figura 9.** Principales actividades económicas



En el 66,67% de los hogares, estas actividades son desarrolladas hasta por tres integrantes del núcleo familiar, lo que evidencia que la familia es la principal fuente de mano de obra.

### **Educación**

El tema educativo, es de vital importancia para el desarrollo del sector rural. En este caso, el 60% de los hijos dependen exclusivamente de su padre para su formación académica, mientras que el 40% restante lo hace de su madre.

### **Vivienda**

En el 73,33% de los casos, la vivienda es propia del núcleo familiar, y está conformada en su gran mayoría por cuatro o seis habitaciones, 33,33% y 26,67% respectivamente, siendo empleada para dormir por el núcleo familiar en su gran mayoría.

### **Tenencia de la tierra**

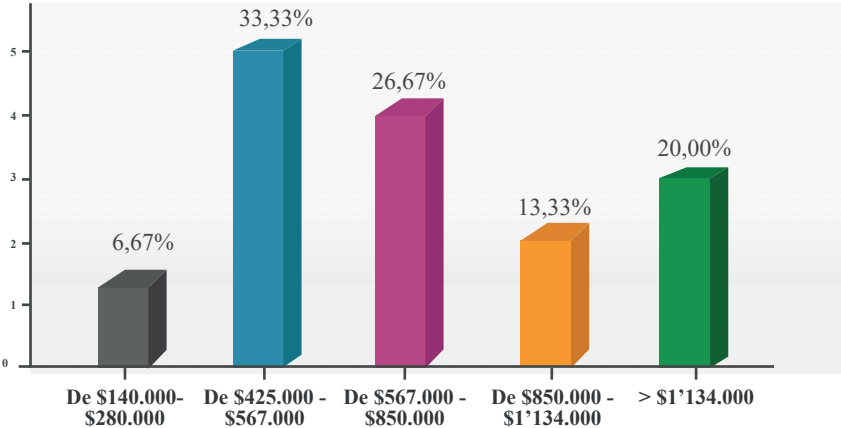
En este aspecto, es de resaltar que el 100% de los beneficiarios del proyecto son propietarios de sus unidades productivas, lo que facilitó la

implementación de los modelos agroecológicos. Los predios son clasificados como fincas pequeñas, debido a que no sobrepasan las 15 ha de área.

### Caracterización agroeconómica de los predios

En la Figura 17 se muestra que el 33,3 % de las familias cuentan con ingresos promedios que oscilan entre los \$ 425.000 y \$ 567.000, ingreso por debajo del salario mínimo mensual vigente, así mismo un 20 % de los encuestados cuenta con ingresos superiores al 1.134.000 (Figura 10).

**Figura 10.** Considerando todos los ingresos de dinero en su hogar, ¿en qué rango se encuentra el ingreso mensual promedio?



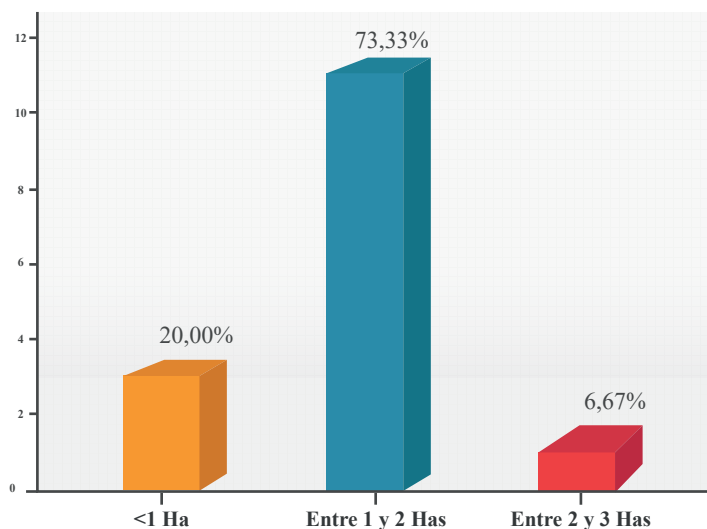
Fuente. Equipo investigador

El total de los productores vinculados al proceso son propietarios del área utilizada para el desarrollo de las actividades productivas.

Para los productores de este municipio el cultivo de frijol es uno de los promisorios, se evidencia, que el 73,33 % de los encuestados cuenta con áreas de entre 1 y 2 hectáreas para el establecimiento de este cultivo, el 20 % de los productores dispone de una hectárea o menos para este fin, se evidencia entonces la aceptación del cultivo de frijol entre los productores (Figura 11).



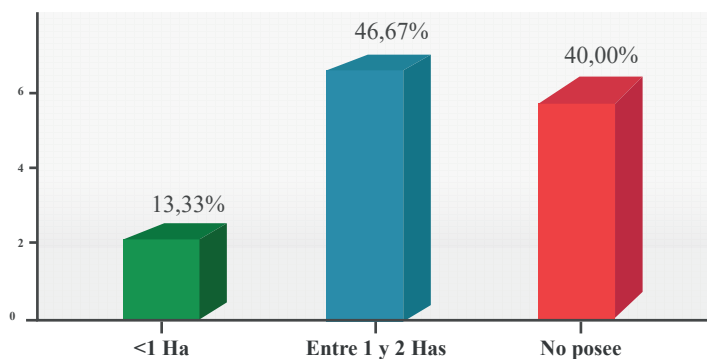
**Figura 11.** Especifique el área sembrada de cultivo de Frijol.



Fuente. Equipo investigador

Además de frijol los productores del municipio de la playa identificaron el maíz como cultivo de interés económico, en este sentido el 46,67 de los productores dedica una a dos hectáreas para el establecimiento de este cultivo, y un 13,33 % cuenta con áreas iguales o menores a una hectárea para maíz (Figura 12), cifras que permiten ratificar la importancia de este cultivo en la economía de las familias.

**Figura 12.** Especifique el área sembrada de cultivo de Maíz.



Fuente. Equipo investigador

En cuanto al uso de un sistema de riego en los predios encuestados se demuestra que la totalidad de estos utiliza un método de riego, en este sentido para las características de este municipio fue de importancia el desarrollo de capacidades en temas de mantenimiento de estos modelos garantizando el uso adecuado del recurso hídrico.

Con relación a la pregunta anterior y como complemento a la información de sistemas de riego, el 80 % de los encuestados realizó riego por aspersión, el 20 % restante se dividen en el uso de métodos de riego por gravedad y goteo, se recalca la capacidad de los predios para la implementación de sistemas de goteo que requieren de altas inversiones.

El 93,33 % de los predios objeto de estudio, manifestaron no contar con análisis físico químico y microbiológico de las aguas utilizadas en el desarrollo de las actividades, mientras que un 6,67 % si cuenta con este instrumento para la toma de decisiones, situación que requiere de actividades de concientización a los productores para la obtención de estos análisis y su aplicación a la agroecología.

En cuanto al servicio de asistencia técnica es de resaltar la cobertura de este servicio para los productores vinculados, se demuestra que el 100 % de los encuestados cuentan con servicios de asistencia técnica.

El 60 % de los agricultores informan que los ingresos familiares descansan sobre un rango de 1 a 3 persona y perciben entre 425.000 y \$850.000 (Tabla 15).

**Tabla 15.** Información de Ingresos

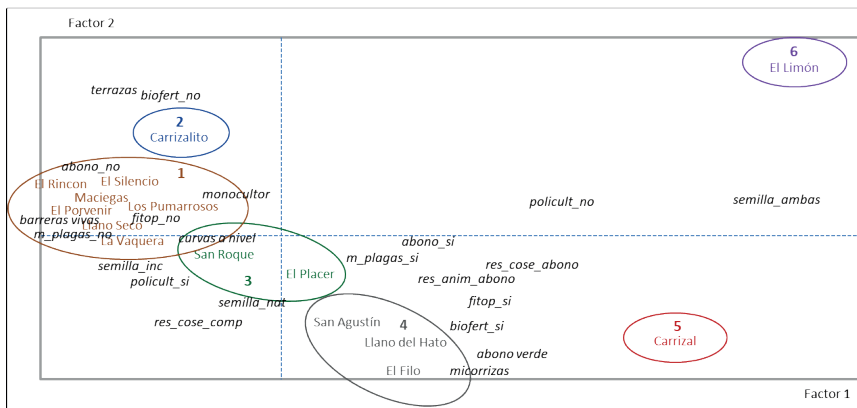
|  |                            | Pregunta.<br>Fuente de los ingresos.<br>Números de personas |                |                | Total |
|--|----------------------------|---|----------------|----------------|-------|
|  |                            | Entre<br>1 y 3  | Entre<br>3 y 5 | No<br>responde |       |
| <b>Pregunta.</b><br>Considerando todos los<br>ingresos de dinero en su<br>hogar, ¿en qué rango<br>se encuentra el ingreso<br>mensual promedio? | De \$140.000 - \$280.000   | 0   | 1              | 0              | 1     |
|  | De \$425.000 - \$567.000   | 3   | 2              | 0              | 5     |
|  | De \$567.000 - \$850.000   | 3   | 1              | 0              | 4     |
|  | De \$850.000 - \$1'134.000 | 1   | 0              | 1              | 2     |
|  | > \$1'134.000              | 3   | 0              | 0              | 3     |
| TOTAL  |                            | 10  | 4              | 1              | 15    |

Fuente. Equipo investigador

## Implementación de prácticas agroecológicas

El plano factorial de un análisis de correspondencias múltiples (ACM) aplicado sobre la implementación de 15 fincas del municipio La Playa de Belén del Norte de Santander permitió identificar cinco agrupaciones de fincas obtenidas a partir de un análisis de clasificación aplicado sobre las coordenadas del ACM (Figura 13).

**Figura 13.** Plano factorial ACM-Implementación de prácticas agroecológicas de 15 fincas municipio la Playa, Norte de Santander



Fuente. Equipo investigador

La caracterización de cada una de las agrupaciones obtenidas, con apoyo de la información contenida en el anexo 4 es como sigue:

**Agrupación 1.** (Fincas: El Rincón, Llano seco, El Porvenir, El Silencio, Maciegas, La Vaquera, Los Pumarrrosos, San Roque, San Agustín y el Placer).

En el grupo 1, se ubicaron 10 fincas que se caracterizan porque en la mayoría de ellas se practica la rotación de cultivos, predomina el policultivo, se maneja el compostaje, las semillas utilizadas son la incorporada y la nativa, lo que más utilizan son las barreras vivas. Sí protegen los nacaderos y bosques dentro de la finca y la mayoría no hacen tala de árboles. Poseen un sistema de riego y el método usado es aspersión, sólo la Finca San Agustín usa el sistema de gravedad. Todas hacen control de plagas, con excepción de las fincas El Rincón, Llano Seco, El Silencio y El Placer que no lo hacen. En este grupo de fincas tampoco se manejan plaguicidas, no se preparan abonos, ni biofertilizantes, no manejan entomopatógenos ni

fitoplaguicidas. Los residuos de las cosechas se amontonan y se elaboran abono y compost.

***Agrupación 2.*** (Finca: El carrizalito)

En esta finca aplica para la preparación de tierra el motocultor, se realiza rotación de cultivos, para conservar el suelo realizan prácticas de terrazas y barreras vivas, no usa entomopatógenos ni fitoplaguicidas. No utiliza ningún biofertilizante, no prepara abonos orgánicos, pero sí protegen nacederos y bosques dentro de la finca no talando los árboles. Practican el policultivo como frijol y maíz con la técnica inter hileras. Esta finca cuenta con un sistema de riego y el método es la aspersión. La semilla que se utiliza es la nativa y hacen control de plagas. Sobre MIP, se utiliza solo el control químico. En cuanto al uso de los desechos de animales y cosechas no se obtuvo ninguna respuesta.

***Agrupación 3.*** (Fincas: Llano del Hato, El filo)

Las fincas integradas a este grupo realizan la labranza mínima y hacen rotación de cultivos. Para la conservación de los suelos, utilizan el abono verde, se practica el policultivo, utilizan interplanta de la misma hilera, con cultivos de tomate y frijol. Los biofertilizantes utilizados son fijadores de Nitrógeno y solubilizadores de fósforo, hacen control de plagas. En ninguna usan entomopatógenos y tampoco usan fitoplaguicidas. En el Llano del hato se prepara abonos orgánicos y se protege nacederos de agua sembrando árboles, esta finca se destaca por la producción de tomate y frijol, sus sistemas de riego son gravedad, aspersión y goteo. La finca llamada El Filo no prepara abonos orgánicos, pero si protege nacederos con cercas vivas, la semilla que utiliza es la incorporada. En cuanto a MIP, usan químico-fumigación y desmalezamiento. Cuenta con sistema de riego y el método es el de aspersión. En las dos fincas los residuos de los animales y de las cosechas los utilizan como abono.

***Agrupación 4*** (Finca: El carrizal)

En la finca el Carrizal se realiza rotación de cultivos y para conservar los suelos utiliza abono verde, sí prepara abonos. El abono orgánico que utiliza es la gallinaza. Como cultivos de asociación se destacan el maíz, aguacate y frijol. La procedencia de la semilla es nativa e incorporada. El sistema de riego es por gravedad y aspersión. Sí protege nacederos y bosques dentro de su finca, con cercas y siembra de árboles. Hacen control de plagas. Es tal

vez la única finca que sí usa fitoplaguicidas, y además el MIP utiliza control químico. Los desechos de los animales y cosechas se utilizan como abono. No hay aplicación de entomopatógenos, no utiliza ningún biofertilizante y no practican el policultivo.

### ***Agrupación 5*** (Finca: El limón)

La finca El Limón se separó de la mayoría de de las fincas y se caracteriza por utilizar el motocultor en la preparación de tierra, realizar rotación de cultivos, no se usan entomopatógenos ni fitoplaguicidas. Utiliza solo productos químicos. Utiliza biofertilizantes fijadores de nitrógeno. Protegen los nacederos y bosques dentro de su finca, cercando y sembrando. í practica el policultivo. En esta finca se cosecha fríjol, tomate, pimentón y maíz. La procedencia de la semilla es incorporada. El uso de los desechos de animales y cosechas lo utilizan como abono. Para algunas preguntas no obtuvieron respuestas.

## **Caracterización físico química del agua**

Se evidenció diferencia para los cationes sodio, calcio y magnesio, mientras que para los aniones cloro, bicarbonato, fosfatos y suma de aniones (Tabla 16).

**Tabla 16.** Resultados del ANOVA de los Cationes y Aniones del Agua para las interacciones Finca por Modelo en el municipio La Playa de Belén

| Finca     | Modelo | Cationes |       |        |        |                 | Aniones    |                 |                 |                 |                  |                 |                 |            |
|-----------|--------|----------|-------|--------|--------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------|
|           |        | Na       | K     | Ca     | Mg     | NH <sub>4</sub> | Suma Total | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> | PO <sub>4</sub> | Suma Total |
| (meq / L) |        |          |       |        |        |                 |            |                 |                 |                 |                  |                 |                 |            |
| Modelo 1  | 1      | 0,21d    | 0,09a | 0,28cd | 0,24d  | 0,04a           | 0,85ef     | 0,16b           | 0,09a           | NPSH            | 0,60cde          | 0,006a          | 0,18ab          | 1,09ef     |
|           | 2      | 1,56a    | 0,14a | 1,11a  | 0,94a  | 0,02a           | 3,76a      | 1,94a           | 0,08a           | NPSH            | 1,25ab           | 0,004a          | 0,29ab          | 3,61a      |
|           | 3      | 0,30d    | 0,05a | 0,15d  | 0,07e  | 0,04a           | 0,59f      | 0,32b           | 0,09a           | NPSH            | 0,33de           | 0,004a          | 0,38a           | 1,16ef     |
|           | 4      | 0,26d    | 0,04a | 0,10d  | 0,08de | 0,04a           | 0,51f      | 0,32b           | 0,11a           | NPSH            | 0,23e            | 0,004a          | 0,28ab          | 0,98f      |
|           | 5      | 0,35d    | 0,05a | 0,15d  | 0,13de | 0,03a           | 0,69f      | 0,34b           | 0,11a           | NPSH            | 0,20e            | 0,004a          | 0,31ab          | 1,01f      |
| Modelo 2  | 1      | 0,30d    | 0,05a | 0,16d  | 0,06e  | 0,03a           | 0,59f      | 0,22b           | 0,08a           | NPSH            | 0,25e            | 0,004a          | 0,33ab          | 0,93f      |
|           | 2      | 0,49d    | 0,08a | 0,38cd | 0,46c  | 0,03a           | 1,43de     | 0,40b           | 0,09a           | NPSH            | 0,83bcd          | 0,005a          | 0,09b           | 1,46def    |
|           | 3      | 0,26d    | 0,04a | 0,09d  | 0,07e  | 0,03a           | 0,49f      | 0,28b           | 0,10a           | NPSH            | 0,15e            | 0,003a          | 0,29ab          | 0,87f      |
|           | 4      | 0,42d    | 0,06a | 0,79b  | 1,00a  | 0,03a           | 2,29bc     | 0,36b           | 0,08a           | NPSH            | 1,50a            | 0,004a          | 0,23ab          | 2,22bcd    |
|           | 5      | 0,59cd   | 0,14a | 0,78b  | 0,43c  | 0,04a           | 1,96cd     | 0,38b           | 0,09a           | NPSH            | 1,10abc          | 0,004a          | 0,31ab          | 1,93cde    |

|          |       |        |       |        |        |       |        |        |       |       |         |        |        |         |
|----------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Modelo 3 | 1     | 1,06bc | 0,20a | 0,58bc | 0,53bc | 0,05a | 2,42bc | 0,84b  | 0,56a | NPSH  | 1,00abc | 0,004a | 0,32ab | 2,77abc |
|          | 2     | 0,23d  | 0,05a | 0,08d  | 0,05e  | 0,05a | 0,44f  | 0,30b  | 0,10a | NPSH  | 0,15e   | 0,005a | 0,30ab | 0,90f   |
|          | 3     | 0,34d  | 0,05a | 0,17d  | 0,17de | 0,05a | 0,77ef | 0,30b  | 0,11a | NPSH  | 0,35de  | 0,005a | 0,34ab | 1,16ef  |
|          | 4     | 1,22ab | 0,13a | 0,83ab | 0,68b  | 0,03a | 2,88b  | 0,60b  | 0,60a | NPSH  | 1,40a   | 0,004a | 0,27ab | 2,92ab  |
|          | 5     | 0,41d  | 0,05a | 0,24d  | 0,19de | 0,03a | 0,91ef | 0,24b  | 0,33a | NPSH  | 0,20e   | 0,027a | 0,20ab | 1,05f   |
| CV (%)   | 22,28 | 81,43  | 19,88 | 13,24  | 0,00   | 12,43 | 50,25  | 139,21 | 0,00  | 22,28 | 0,00    | 25,93  | 13,54  |         |
| EE*      | 0,08  | 0,04   | 0,05  | 0,03   | 0,00   | 0,12  | 0,17   | 0,17   | 0,00  | 0,10  | 0,00    | 0,05   | 0,15   |         |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

NPSH: No presenta subconjunto de homogeneidad.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

El nivel de sodio en agua fue menor en el predio La María del modelo 3 sin existir diferencias con otros predios, pero si con la El Porvenir del modelo 1 (1,56 meq / L) y la Carrizalito del modelo 3 (1,22 meq / L). Para Ayers y Westcot (1985), los niveles adecuados para aguas de riego están en el rango de 0-40 meq/L, excediendo este valor en las fincas la finca El Porvenir del modelo 1, las fincas El Limón y El Rincón en el modelo 2, y en el modelo 3 las fincas La María y Carrizalito y levemente la Mogotes. Las demás fincas se encuentran dentro de este rango. Los altos niveles de Na, pueden afectar la estructura del suelo y causar toxicidad a las plantas, así como la salinización del suelo (Monge, 2018).

Para el caso del K<sup>+</sup>, la concentración fue extremadamente baja en casi todas las fincas, pero sin diferencia estadística. De acuerdo a los niveles adecuados para aguas de riego, Ayers y Westcot (1985), muestran un rango que va de los 0 meq/L hasta los 0,2 meq/L, estando de esta manera todas las fincas en todos los modelos por encima de estos valores. Este elemento tiene como principal característica solubilidad y movilidad en los tejidos ejerciendo efecto sobre la permeabilidad de las membranas de las células e hidratación de tejidos. A nivel foliar, la deficiencia de potasio es poco detectable. Se evidencia disminución en el tamaño de frutos y daños en la corteza (Palacios, 2005).

Los niveles de calcio presentaron mayor concentración en el predio El Porvenir del modelo 1 existiendo diferencia con tres predios en este mismo modelo y con los predios de los demás modelos. Algunas fincas de los modelos 2 y 3 presentaron diferencias entre ellas. De acuerdo a los niveles adecuados para riego 0-0,20 meq/L, en el modelo 1 las fincas Carrizal y El

Porvenir están por encima de este rango, así mismo, en el modelo 2 las fincas El Placer, Llano Seco y El Rincón lo superan, y finalmente en el modelo 3, las fincas La María, Carrizalito y levemente la finca Mogotes sobrepasan los valores adecuados.

Los niveles de magnesio fueron mayores en el predio Llano Seco (modelo 2). El Porvenir del modelo 1, que se diferenciaron de otras de sus modelos respectivos, Las fincas del modelo 3 se diferenciaron en relación a los niveles de este catión. Sin embargo, todas las fincas en cada uno de los modelos, están en los rangos adecuados para riego que oscilan entre 0 y 5 meq/L (Ayers y Westcot, 1985), lo que favorece el control de las concentraciones de Na, reduciendo así los riesgos de toxicidad.

Para el caso del amonio  $\text{NH}_4^+$ , no se presentaron diferencias entre las fincas ni modelos. Los valores se encuentran entre los límites máximo permitidos en la normativa nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1984; 2104; Ayers y Westcot, 1985).

En la suma total de cationes, la finca El Porvenir del modelo 1, presentó los valores más altos, siendo diferente a las demás fincas de todos los modelos.

La concentración del cloro fue más elevada en el predio El Porvenir (modelo 1) en relación a los demás predios. Sin embargo, este nivel es muy bajo según lo mencionado por la Norma Chilena Oficial (1989) de agua para riego lo que garantiza no tener problemas de intoxicación de las plantas debido a este anión.

Los sulfatos  $\text{SO}_4$ , no presentaron diferencias significativas entre y dentro de los modelos agroecológicos. En todas las fincas, los valores hallados están dentro de los límites máximos adecuados (Ayers y Westcot, 1985).

El anión  $\text{HCO}_3$  resultó mayor para la finca Llano Seco del modelo 2 sin diferencia de la finca El Porvenir modelo 1 y finca Carrizalito modelo 3. En todos los modelos se presentó diferencia estadística entre las fincas. Los valores hallados de este anión, se encuentran dentro de los límites y no exceden los valores permitidos que van hasta 10 meq/L (Ayers y Westcot, 1985).

La concentración de PO<sub>4</sub> fue mayor para la finca Los Pumarrosos del modelo 1 que se diferenció de la finca El Limón del modelo 2 y no del resto de las fincas. Sin embargo, no supera los valores máximos permitidos.

La suma de aniones fue mayor en el predio Llano Seco (modelo 2) sin evidenciar diferencia con el predio Carrizalito (modelo 3) pero si con los demás predios. Dentro de los tres modelos se presentaron diferencias entre las fincas para esta variable.

Las variables dureza total, RAS y CE presentaron diferencia para la interacción finca por modelo (Tabla 17).

**Tabla 17.** Resultados del ANOVA de los elementos agroquímicos y dureza del agua para las interacciones Finca por Modelo en el municipio La Playa de Belén

|          |        | Elementos químicos |       |        |        |       | Dureza del agua          |       |        |         |
|----------|--------|--------------------|-------|--------|--------|-------|--------------------------|-------|--------|---------|
| Finca    | Modelo | Fe                 | Mn    | Cu     | Zn     | B     | Dureza Total             | pH    | CE     | RAS     |
|          |        | Ppm                |       |        |        |       | (mg/L) CaCO <sub>3</sub> |       | mS/cm  |         |
| Modelo 1 | 1      | 1,31a              | 0,24a | 0,03a  | 0,29a  | 3     | 26,00ef                  | 8,12a | 0,11ef | 0,41c   |
|          | 2      | 1,97a              | 0,87a | 0,02a  | 0,29a  | 0,17a | 102,50a                  | 7,63a | 0,49a  | 1,55a   |
|          | 3      | 1,32a              | 0,06a | 0,03a  | 0,29a  | 0,12a | 10,50f                   | 7,95a | 0,07f  | 0,97abc |
|          | 4      | 1,55a              | 0,05a | 0,02a  | 0,30a  | 0,19a | 9,00f                    | 7,85a | 0,06f  | 0,88abc |
|          | 5      | 0,92a              | 0,07a | 0,04a  | 0,31a  | 0,24a | 13,50f                   | 7,86a | 0,09ef | 0,94abc |
| Modelo 2 | 1      | 2,11a              | 0,05a | 0,03a  | 0,29a  | 0,19a | 10,50f                   | 7,12a | 0,08f  | 0,99abc |
|          | 2      | 1,18a              | 0,47a | 0,02a  | 0,29a  | 0,18a | 42,00de                  | 7,66a | 0,18de | 0,75bc  |
|          | 3      | 58,08a             | 0,10a | 0,02a  | 0,31a  | 0,27a | 8,50f                    | 7,61a | 0,06f  | 0,91abc |
|          | 4      | 1,32a              | 0,07a | 0,03a  | 0,31a  | 0,15a | 90,50ab                  | 7,58a | 0,25cd | 0,45c   |
|          | 5      | 1,13a              | 0,13a | 0,02a  | 0,29a  | 0,21a | 60,00cd                  | 7,94a | 0,22cd | 0,76bc  |
| Modelo 3 | 1      | 1,12a              | 0,27a | 0,03a  | 0,29a  | 0,14a | 58,00cd                  | 7,91a | 0,29bc | 1,39ab  |
|          | 2      | 1,14a              | 0,06a | 0,03a  | 0,30a  | 0,16a | 6,50f                    | 6,96a | 0,06f  | 0,90abc |
|          | 3      | 1,41a              | 0,06a | 0,02a  | 0,31a  | 0,26a | 16,50f                   | 7,87a | 0,09ef | 0,84bc  |
|          | 4      | 1,49a              | 0,19a | 0,03a  | 0,30a  | 0,22a | 75,50bc                  | 7,78a | 0,36b  | 1,40ab  |
|          | 5      | 1,16a              | 0,23a | 0,02a  | 0,05a  | 0,19a | 21,00ef                  | 7,41a | 0,11ef | 0,98abc |
| CV (%)   | 412,00 | 129,60             | 0,00  | 128,08 | 102,60 | 14,60 | 6,45                     | 19,17 | 18,45  |         |
| EE*      | 14,99  | 0,18               | 0,00  | 0,25   | 0,14   | 3,79  | 0,35                     | 0,02  | 0,12   |         |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

NPSH: No presenta subconjunto de homogeneidad,

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador



No se presentó diferencia estadística en la concentración de Fe en las fincas de los modelos agroecológicos, salvo en la finca El Filo del modelo 2, que presentó un valor de 58,08 ppm. En las demás fincas, no se excedió el valor máximo permisible de 5 meq/L recomendado por la FAO y por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del Decreto 1594 de 1984 que regula el Uso del agua y residuos líquidos y la Resolución 1207 de 2014 sobre las disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1984; 2104; Ayers y Westcot, 1985).

En la concentración de Mn, se presentaron valores estadísticamente similares ( $p > 0,05$ ) en todas las fincas de todos los modelos agroecológicos. Sin embargo, todas las fincas excedieron el valor máximo permisible de 0,02 meq/L (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1984; 2104; Ayers y Westcot, 1985) salvo la finca Carrizalido del modelo 3.

Para el Cu, B y Zn, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas para las 15 fincas de los tres modelos agroecológicos. En el caso del Cu, las fincas Carrizal, Los Pumarrosos y San Agustín del modelo 1, finca Llano Seco del modelo 2 y fincas La María, La Vaquera y Carrizalito del modelo 3 superaron ligeramente los niveles máximos permitidos de 0,2 meq/L. para el Zn, todas las fincas están dentro de los niveles máximos permitidos de 2 meq/L, y el B, las fincas San Roque del modelo 1, El Filo del modelo 2 y Llano del Hato y Carrizalito del modelo 3 superaron los valores máximos permitidos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1984; 2104; Ayers y Westcot, 1985). El boro (B) es un elemento que interviene en procesos metabólicos y enzimáticos y es importante en la estructura celular. Como principales síntomas de deficiencia se tienen hojas que no alcanzan tamaño final con ondulaciones en el limbo y deformes (Yfran, Chabbal, Piccoli, Giménez, Rodríguez, & Martínez (2017). Su deficiencia altera la relación potasio – calcio y afecta la concentración de fósforo foliar (Palacios, 2005).

La dureza del agua fue superior en los predios El Porvenir (modelo 1) y Llano Seco (modelo 2) en relación a los demás predios. Los valores obtenidos superan los 54 mg/L lo que las cataloga como aguas muy duras (Canoas, 1986). Caso contrario ocurrió con algunos predios del modelo 3 que presentaron niveles en 6,50 mg/L consideradas como aguas muy blandas.

Para la conductividad eléctrica, el predio El Porvenir (modelo 1) difirió a los niveles de los demás predios.

El RAS alcanzó un valor de 1,50 en la finca El Porvenir del modelo 1 sin diferencia con la finca Carrizalito del modelo 3, pero sí de estas con la finca Carrizal del modelo 1 y Llano Seco del modelo 2. No se observó diferencia estadística entre las fincas de los modelos 2 y entre las del 3 y no se superaron los valores máximos permitidos establecidos por (Ayers y Westcot, 1985). La RAS es un indicador de calidad del agua. Permite estimar el potencial de sodio para absorber las partículas del suelo, teniendo como relación al magnesio y al calcio. Niveles de RAS superiores a 10 pueden ocasionar daños en la estructura del suelo afectando su infiltración.

### **Caracterización taxonómica y agroquímica de suelos**

Para el desarrollo socioeconómico local, regional y nacional, es necesario proyectos productivos que lo impulsen; sin embargo, se requieren evaluaciones de las tecnologías y procesos empleadas y que puedan impactar los recursos naturales. En el ámbito del establecimiento de cultivos promisorios en sistemas agroecológicos en el municipio de La Playa – Norte de Santander, articuló sus actividades con la consigna de la protección y conservación del ambiente y sus recursos en miras al desarrollo sostenible.

Ante estas actividades, resulta muy reconocida la necesidad de generar información edáfica en los procesos de establecimiento de sistemas agroecológicos en el municipio de La Playa, siendo necesaria para determinar una correcta la planeación de uso del suelo y la evaluación sobre los efectos del uso de la tierra en el medio ambiente, donde no solamente se debe tener conocimiento y control de las variables ambientales, sino que también se le debe dar un manejo sostenible para mantener la productividad y que redunde en un mejor ingreso económico.

En este sentido, conocer las propiedades del suelo se convierte en una herramienta de planificación para su uso adecuado, maximizando de manera razonable los recursos naturales. La caracterización edafológica en el municipio de La Playa, permitió conocer las propiedades y características, así como el patrón de distribución de los diferentes suelos delimitados, constituyéndose en un insumo básico de trabajo para la definición de cultivos

promisorios en sistemas agroecológicos, ya que brindó la oferta edáfica y las limitaciones encontradas en cada una de dichas unidades taxonómicas, siendo por lo tanto el soporte técnico necesario para decidir sobre el establecimiento de cada uno de ellos; logrando caracterizar las clases de suelo que se encuentran en las diferentes predios evaluadas y definir su aptitud; que representa el conjunto de alternativas y escenarios para el posible establecimiento de sistemas agroforestales, previa evaluación entre la oferta edafológica y la demanda de las especies propuestas.

La importancia del recurso suelo como soporte de los ecosistemas terrestres es la manifestación directa de la génesis de la superficie terrestre, para tal efecto, se desarrolla el análisis de las principales características de los suelos presentes en los diferentes predios evaluados, por medio de la descripción de las unidades de suelos identificadas durante el trabajo de campo.

A continuación, se presenta la descripción de los diferentes perfiles modales (Tabla 18).

**Tabla 18.** Coordenadas de Perfiles Modales descritos en campo

| PERFIL MODAL | COORDENADAS |            |
|--------------|-------------|------------|
|              | LONGITUD    | LATITUD    |
| LPS – 1      | 73°11.525'W | 8°13.601'N |
| LPS – 2      | 73°11.871'W | 8°13.122'N |
| LPS – 3      | 73°14.005'W | 8°13.149'N |
| LPS – 4      | 73°14.806'W | 8°11.063'N |
| LPS – 5      | 73°12.836'W | 8°12.138'N |
| LPS – 6      | 73°12.958'W | 8°16.338'N |
| LPS – 7      | 73°13.571'W | 8°15.228'N |


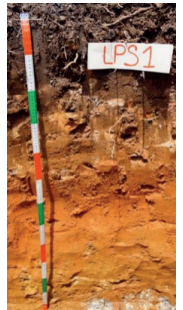



Fuente. Equipo investigador

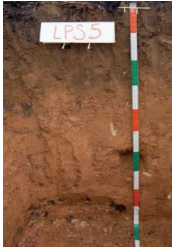

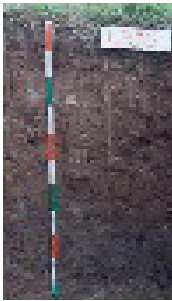



### **Caracterización taxonómica de los suelos**


De los seis puntos muestreados y analizados para realizar la caracterización taxonómica del suelo en el municipio de La Playa, cuatro fueron clasificados como Typic Dystrudepts Fino Sobre Franco Fino, uno como Typic

Dystrustepts Fragmental y uno como Fluventic Ustorthents Franco Grueso Sobre Franco Fino. A continuación, se presentan algunas características de la taxonomía de los suelos del municipio de La Playa (Tabla 19).

**Tabla 19.** Caracterización taxonómica de los suelos, municipio de La Playa de Belén

| Productor                | Predio         | Taxonomía                                       | Características  | Ilustraciones  |
|--------------------------|----------------|---|--|--|
| Elibardo Ascanio Ascanio | San Roque      | Typic Dystrustepts Fino Sobre Franco Fino       | El predio se encuentra en un clima templado húmedo, con una altitud de 1.548 m, dentro de un paisaje montañoso de filas y vigas desarrollado sobre granitos y gneis, caracterizado por fuertes pendientes, generalmente mayores del 50%; además en las áreas desprovistas de cobertura vegetal natural es posible apreciar procesos de erosión laminar ligera y fragmentos de roca en superficie y dentro del perfil. Los suelos son superficiales limitados por fragmentos de roca, texturas finas y fertilidad natural muy baja. |      |
| Gustavo Ortiz            | San Agustín    | Typic Dystrustepts Franco Fino                  | El predio se encuentra en un templado húmedo, con una altitud aproximada de 1.655 m, dentro de un paisaje de lomerío, identificando como tipo de relieve las lomas; desarrollado sobre granitos y conglomerados, caracterizado por pendientes entre el 25 y el 50% y erosión laminar ligera. Los suelos son muy superficiales limitados por fragmentos de roca, texturas finas y fertilidad natural baja.  |   |
| David Ernesto Claro      | Los Pumarrosos | Typic Dystrustepts Franco Fino Sobre Fragmental | El predio se encuentra en un clima templado húmedo, con una altitud de 1.730 m, dentro de un paisaje montañoso de filas y vigas desarrollado sobre granitos y gneis, caracterizado por fuertes pendientes, generalmente entre el 25 y el 50%; además en las áreas desprovistas de cobertura vegetal natural  |    |

|                             |              |   |   |   |
|-----------------------------|--------------|---|---|---|
|                             |              |   | <p>es posible apreciar procesos de erosión laminar ligera y fragmentos de roca en superficie y dentro del perfil (Figura 72) texturas franco finas en todos los horizontes que conforman el perfil del suelo o solum y se caracteriza por presentar una fertilidad natural baja.</p>  |   |
| Ermelinda León Guerrero     | Llano Seco   | <p>Typic Dystrustepts<br/>Fragmental Franco Fino<br/>Sobre Fragmental</p> | <p>El predio presenta una gran mayoría de cobertura vegetal en pastos, los cuales fueron establecidos hace más de 10 años, los cuales son usados para la ganadería de tipo extensivo, además fueron identificados varios sectores en bosque secundario y en sucesión natural.</p> <p>El predio se encuentra en un templado seco, con una altitud aproximada de 1.481 m, dentro de un paisaje de lomerío, identificando como tipo de relieve las lomas; desarrollado sobre granitos, caracterizado por pendientes entre el 25 y el 50% y erosión laminar moderada a severa. Los suelos son muy superficiales limitados por fragmentos de roca, texturas finas y fertilidad natural baja.</p> | <br>    |
| Amado Durán Carrascal       | El Limón     | <p>Typic Dystrustepts<br/>Fino Franco Fino</p>                            | <p>Las actividades agropecuarias son mínimas, se encuentran algunos aguacates aislados, así como matas de plátano, además una extensión considerable de pastos utilizados para la ganadería de tipo extensivo.</p> <p>El predio se encuentra en un clima templado seco, a una altura promedio sobre el nivel del mar de 1.475 m; dentro de un paisaje de lomerío, identificando como tipo de relieve las lomas; desarrollado sobre granitos, caracterizado por pendientes entre el 12 y el 25% y erosión laminar moderada a severa.</p>   | <br> |
| Carlos Jorge León Velásquez | Carri-zalito | <p>Fluventic Ustorthents<br/>Franco Grueso Sobre Franco Fino</p>          | <p>En este predio las actividades agropecuarias datan de 35 años atrás; fueron identificados los cultivos de frijol, maíz, arveja, pepino y cebolla. Se realizan prácticas de fertilización con triple 15. Este predio se encuentra en un clima</p>   |   |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <p>templado seco, con una altura aproximada de 1.377 m.s.n.m.; dentro de un paisaje de lomerío, en el cual se identifica plenamente el tipo de relieve: glacis coluvial; este paisaje deposicional se ha desarrollado sobre depósitos clásticos gravigénicos e hidrogravigénicos y coluviones finos; un aspecto importante de este tipo de relieve es la pendiente, la cual se caracteriza por ser menor del 5%.</p> <p>Los suelos de este tipo de relieve son superficiales limitados por cambio textural abrupto, las texturas son franco gruesas en los primeros horizontes y franco finas a profundidad; además poseen una fertilidad natural baja.</p> <p>A pesar del cambio textural abrupto dentro de los primeros 50 cm de la superficie del suelo; esta propiedad física no constituye una seria limitante para el establecimiento de árboles (sistemas forestales, brevo, etc), ni tampoco aquellos sistemas de desarrollo radicular superficial (maíz y frijol); si reviste mucha importancia la fertilidad natural, por ello se ha indispensable adelantar planes de fertilización y abonamiento.</p> |  |
|--|--|--|---|--|

Fuente. Equipo investigador

## Caracterización agroquímica de los suelos

Se muestran los valores promedios, máximo y mínimo de los macronutrientes encontrados en los suelos de las 15 fincas del municipio de La Playa, Norte de Santander en donde se implementaron los tres modelos agroecológicos (Tabla 20). Valores que presentaron una variabilidad espacial muy alta, reflejada en la diferencia entre el valor mínimo y el valor máximo, así como el coeficiente de variación. Esta variabilidad, correspondió a una condición inherente del suelo, resultante de las diversas interacciones que se dan en los procesos de formación del mismo. Para el caso de los macronutrientes, el CV más alto se observó en el N.NPO3 (146,62%).

**Tabla 20.** Valores promedio, máximo y mínimo de los macronutrientes presentes en los suelos de las fincas estudiadas en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander

| Municipio | Estadísticos Descriptivos | N - NH <sub>4</sub> | N-NO <sub>3</sub> | P             | Mg            | S             | K            | Ca           | C.I.C        |
|-----------|---------------------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|           |                           | Ppm                 |                   |               | meq / 100 g   | Ppm           | meq / 100 g  |              |              |
| La Playa  | Media                     | 12,83               | 48,67             | 29,13         | 1,51          | 18,47         | 0,40         | 3,57         | 16,30        |
|           | Mínimo                    | 2                   | 5                 | 1             | 0,14          | 1             | 0,07         | 0,24         | 7            |
|           | Máximo                    | 31                  | 300               | 128           | 6,85          | 119           | 1,34         | 8,76         | 32           |
|           | Desviación Est.           | 7,66                | 71,35             | 36,69         | 1,61          | 24,45         | 0,31         | 2,68         | 7,03         |
|           | C.de variación(%)         | <b>59,66</b>        | <b>146,62</b>     | <b>125,93</b> | <b>106,31</b> | <b>132,41</b> | <b>78,31</b> | <b>75,24</b> | <b>43,15</b> |

N-NH<sub>4</sub>:<sup>+</sup> nitrógeno disponible como amonio; N-NO<sub>3</sub>: nitrógeno disponible como nitrato; P: fósforo; Mg: magnesio; S: azufre; K: potasio; Ca: calcio; CIC: capacidad de intercambio catiónico. DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Fuente. Equipo investigador

La concentración de nitrato fue más elevada que los niveles de amonio, siendo esto un aspecto favorable para el desarrollo de cultivos ya que se produce nitrato a partir del amonio siendo éste último disponible para los microorganismos del suelo y las plantas. Sin embargo, procesos de lixiviación pueden conducir a pérdidas de nitrato debido a su capacidad de movilidad en el suelo o a su volatilización debida a la denitrificación.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) encontrada en los suelos de las 15 fincas estudiadas es alta. Esta es una variable que se asocia con la textura, el tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica del suelo. En Colombia, la CIC de los suelos es muy variable, aún dentro de una misma región, lo cual se evidencia también en estos casos en los valores mínimo y máximos obtenidos. CIC superiores a 20 meq/100g son deseables y deben estar acompañadas de buena saturación de bases que permita adecuada acumulación y suministro de potasio, magnesio y calcio.

La comparación de la concentración de macronutrientes, no presentó diferencias estadísticamente significativas entre la parcela agroecológica y la parcela testigo (Tabla 21).

**Tabla 21.** Comparación de medias de las concentraciones de macronutrientes en suelos entre la parcela testigo y la agroecológica en las diferentes fincas estudiadas en el municipio de La Playa de Belén

| VARIABLE      | Potasio      | Calcio  | Magnesio | Fósforo | N - NH <sub>4</sub> | N-NO <sub>3</sub> | Azufre  |
|---------------|--------------|---------|----------|---------|---------------------|-------------------|---------|
|               | meq / 100 cc |         |          |         | ppm                 |                   |         |
| Agroecológica | 0,3660       | 3,7867  | 1,3393   | 28,67   | 13,66               | 55,33             | 14,8    |
| Testigo       | 0,4367       | 3,3447  | 1,6893   | 29,6    | 6,87646             | 42                | 22,1333 |
| t Student     | 0,60 ns      | 0,44 ns | 0,58 ns  | 0,07 ns | 0,59 ns             | 0,50 ns           | 0,82 ns |

ns: valor no significativo para la comparación de medias por la prueba de t de Student para  $P \leq 0,05$ .

Fuente. Equipo investigador

El valor de P encontrado es catalogado como muy alto según las tablas de referencia para este elemento. Un adecuado nivel de P en los suelos ayuda a las raíces de las plantas a desarrollarse rápidamente, incrementa la eficiencia del uso del agua, contribuye a la resistencia de algunas plantas a enfermedades y permite rendimientos más altos y mayor calidad de los cultivos. Por otro lado, los niveles muy altos de P encontrados en algunos de los sitios probablemente se deban a un efecto de fertilización más que a la fertilidad natural de los suelos, puesto que las regiones tropicales se caracterizan por presentar contenidos medios a bajos de P. Cuando los niveles de P en los suelos son altos (mayores de 40 ppm) existe una baja probabilidad de respuesta de las plantas a la fertilización con este elemento.

Las concentraciones de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) encontradas en los suelos son catalogadas como altas. Sin embargo, es de hacer notar que a manera general los valores de magnesio son mayores a los de calcio lo que pudiera generar ciertos problemas en la absorción de calcio en los suelos. También es importante tomar en cuenta el porcentaje de saturación del elemento en el complejo de cambio, así como el pH del suelo.

Una adecuada cantidad de K en los suelos disminuye los daños producidos por plagas y enfermedades. Específicamente para el maíz, este elemento impacta de manera directa la calidad del cultivo en aspectos como peso de grano y cantidad de grano por mazorca.

En relación con el amonio y el nitrato, a pesar de que no presentaron diferencias estadísticamente significativas, se observó una tendencia a una



mayor concentración en el modelo agroecológico y a su vez, el nitrato resultó más bajo en este último. Esto puede indicar que en el suelo bajo el modelo agroecológico se dieron condiciones favorables para que las bacterias nitrificantes convirtieran el amonio a nitrato, siendo este último la principal forma de absorción de N por las plantas (Inpofos, 1997).

Entre los resultados de otros análisis que aportó el laboratorio merece prestar atención a los bajos niveles de carbono en los suelos (en más del 90 % de las parcelas con niveles bajos y deficiente (Tabla 22).

**Tabla 22.** Porcentaje de las parcelas con valores de pH, Conductibilidad Eléctrica (CE), Carbono orgánico, Saturación de humedad y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) catalogados de deficiente y bajo, por municipios y de forma general en el proyecto.

|                 |                   | P.H  | C.E<br>m.S/cm | C.O. % | Sat. Humedad % | C.I.C<br>(meq / 100 g) |
|-----------------|-------------------|------|---------------|--------|----------------|------------------------|
| <b>La Playa</b> | <b>Deficiente</b> | 6,7  | 73,3          | 6,667  | 0              | 0                      |
|                 | <b>Bajo</b>       | 50,0 | 13,3          | 90     | 0              | 23,33                  |

Fuente. Equipo investigador

El carbono orgánico está relacionado con la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícolas ya que afecta las características del suelo que permiten el sostenimiento y desarrollo de los cultivos. Este parámetro se relaciona con la disponibilidad de elementos como el nitrógeno aumentando la solubilidad de diversos nutrientes. Esta variable asociada a la materia orgánica proporciona coloides de alta capacidad e intercambio catiónico. Puede modificar la estructura y porosidad del suelo y está afectada por las prácticas de manejo que se realicen para el establecimiento de los cultivos.

La comparación de medias de la concentración de micronutrientes entre las parcelas agroecológicas y las testigos no mostró diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) para ninguna de las variables medidas en las 15 fincas en el municipio de La Playa (Tabla 23).

**Tabla 23.** Comparación de medias de la concentración de micronutrientes y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre las parcelas agroecológica y testigo en las 15 fincas del municipio La Playa de Belén, Norte de Santander.

| VARIABLE             | Na         | C     | Hierro | Mn     | Cu   | Zn    | Bo    | Al          | C.I.C |
|----------------------|------------|-------|--------|--------|------|-------|-------|-------------|-------|
|                      | meq / 100L |       | ppm    |        |      |       |       | meq / 100 g |       |
| <b>Agroecológica</b> | 0,46       | 0,95  | 156,06 | 100,33 | 0,38 | 5,21  | 0,20  | 1,02        | 15,53 |
| <b>Testigo</b>       | 0,39       | 0,86  | 152,8  | 117,86 | 0,48 | 6,32  | 0,22  | 0,99        | 17,06 |
| <b>t Student</b>     | 0,463      | 0,531 | 0,09   | 0,36   | 0,95 | 0,438 | 0,541 | 0,049       | 0,590 |

\* Valor significativo para la comparación de medias por la prueba de t de Student para  $P \leq 0,05$ .

Fuente. Equipo investigador

Es importante destacar que tanto en el modelo agroecológico como el testigo presentaron valores bajos de Zn, B, Cu y Cl, mientras que el Fe y el Mn fueron altos. En suelos con pH muy bajo como se presentaron en este estudio, se pueden presentar problemas de toxicidad debido a la alta solubilidad de los nutrientes. La práctica de encalamiento ayuda a elevar el pH del suelo y disminuye el riesgo de toxicidad. A medida que los valores de pH aumentan, se incrementan también las posibilidades de que se produzcan deficiencias de micronutrientes, con excepción del Mo y el Cl.

El zinc es un elemento clave en el rendimiento de los cultivos ya que participa en diversos procesos metabólicos que conllevan a la síntesis de enzimas, producción de carbohidratos y clorofila. Los síntomas de deficiencia están asociados a clorosis.

Para el caso de la deficiencia de Boro, se evidencia crecimiento lento de los tejidos apicales y posteriormente de las hojas jóvenes debido a la baja movilidad del elemento dentro de la planta. El encalado de los suelos puede reducir significativamente la disponibilidad de B en los suelos. La conductividad eléctrica está relacionada con las reacciones energéticas de los cultivos en especial en los sistemas enzimáticos, transporte de magnesio, calcio y potasio al interior de la planta regulando el cierre y apertura de estomas y controlando la pérdida de agua en las células.

El Cu es un micronutriente que las plantas requieren para la formación de clorofila cuya deficiencia suele presentarse en suelos arenosos bajos en materia orgánica debido a las pérdidas por lixiviación. La presencia en

exceso de otros metales como el Fe, Mn y el Al afectan la disponibilidad de Cu para las plantas como es el caso que pudiera estar ocurriendo en los suelos analizados en este estudio.

Los resultados de los valores promedio, máximo y mínimo de los micronutrientes presentes en los suelos de las 15 fincas del municipio de La Playa en donde se implementaron los modelos agroecológicos, mostraron una variabilidad espacial muy alta, observable en las diferencias entre el valor mínimo y el valor máximo y el coeficiente de variación (CV) lo que es propio de la naturaleza de los suelos, en donde los valores del CV corresponden al rango esperado para los elementos nutrientes (Jaramillo, 2002) (Tabla 24).

**Tabla 24.** Valores promedio, máximo y mínimo de los micronutrientes presentes en los suelos de las fincas estudiadas en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander

| Municipio | Estadísticos Descriptivos | Zn            | B            | Na            | Al           | Fe           | Mn            | Cu           | Cl           |
|-----------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
|           |                           | Ppm           |              | meq / 100 cc  |              | Ppm          |               |              | meq / 100L   |
| La Playa  | Media                     | 5,77          | 0,218        | 0,43          | 1,78         | 154,43       | 109,10        | 0,433        | 0,91         |
|           | Mínimo                    | 0,2           | 0,05         | 0,05          | 0,1          | 5            | 2             | 0,1          | 0,44         |
|           | Máximo                    | 26,2          | 0,37         | 2,17          | 4,5          | 410          | 436           | 1,6          | 2,2          |
|           | Desviación Est.           | 6,87          | 0,090        | 0,45          | 1,45         | 91,93        | 130,32        | 0,30         | 0,48         |
|           | C.de variación(%)         | <b>118,99</b> | <b>41,37</b> | <b>104,24</b> | <b>81,65</b> | <b>59,52</b> | <b>119,45</b> | <b>70,24</b> | <b>52,25</b> |

Zn: zinc; B: boro; Na: sodio; Al: aluminio; Fe: hierro; Mn: manganeso; Cu: cobre; Cl: cloro. DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Fuente. Equipo investigador

Los valores promedios de las variables químicas analizadas, se encontraron en niveles medio a alto según su comparación con los niveles críticos descritos en el manual de fertilizantes en diversos cultivos de la Quinta aproximación del ICA (1992). La variabilidad en las concentraciones de los elementos presentada puede estar asociada al proceso de formación del suelo y a procesos como deslizamientos que distribuyen de manera natural los nutrientes. Por ejemplo, en algunas de las zonas analizadas, los suelos presentaron una fertilidad natural muy baja, mientras que en otras se encontraron valores muy altos de los diferentes elementos. Es probable que esta última condición se deba en gran parte a los residuos de fertilizaciones

químicas y encalados realizados, sin tomar en cuenta las necesidades nutricionales de los cultivos ni su disponibilidad en el suelo. En este sentido, se debe dar un manejo localizado atendiendo a esa variabilidad espacial encontrada en las propiedades químicas y físicas de los suelos.

El pH encontrado en ambos suelos se cataloga como ácido, sin embargo, estadísticamente no fueron diferentes según la prueba t Student ( $p > 0,05$ ). Desde el punto de vista textural, en ambos casos se trató de suelos franco, en donde el porcentaje de limo resultó estadísticamente mayor en los suelos bajo el modelo agroecológico con respecto al testigo. La materia orgánica (MO), el carbono orgánico (CO), el porcentaje de humedad (%H), la saturación con bases (%SB) y la densidad aparente (Da), no presentaron diferencias estadísticas entre el modelo agroecológico y el testigo (Tabla 25).

**Tabla 25.** Comparación de medias de las variables físicas y químicas de los suelos entre la parcela testigo y la agroecológica en las 15 fincas estudiadas.

| Parcela              | pH   | C.E    | Arena | Limo | Arcilla | M.Org | C.O | Sat. Humed | Sat. Bases | Dens.A |
|----------------------|------|--------|-------|------|---------|-------|-----|------------|------------|--------|
|                      |      | m.S/cm | %     |      |         |       |     |            |            | g/cc   |
| <b>Agroecológica</b> | 5,1  | 0,2    | 31,5  | 54,1 | 14,5    | 7,1   | 4,1 | 54,7       | 39,8       | 1,0    |
| <b>Testigo</b>       | 5,1  | 0,3    | 34,7  | 52,7 | 12,0    | 6,9   | 4,0 | 54,0       | 49,1       | 1,0    |
| <b>t Student</b>     | 0,17 | 1,34   | 0,32  | 0,2  | 0,6     | 0,17  | 0,1 | 0,23       | 0,50       | 0,5    |

No hubo significancia para las variables fisico químicas estudiadas.  
Fuente. Equipo investigador

El %MO se consideró bajo según los datos reportados para zonas entre los 1000 y 2000 msnm, mientras que el porcentaje de saturación con bases fue alto en ambos suelos. La CE no mostró problemas de sales y los valores de Da por su parte no reflejaron problemas de compactación (Corpoica, 1995).

La comparación de medias de las variables relacionadas con los macronutrientes en el suelo entre las parcelas agroecológicas y las parcelas testigos no mostró diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) en las fincas estudiadas en el municipio de La Playa.

En relación con el amonio y el nitrato (tabla 20), a pesar de que no presentaron diferencias estadísticamente significativas, se observó una tendencia a una mayor concentración en el modelo agroecológico y a su vez, el nitrato

resultó más alto en este último. Esto puede indicar que en el suelo bajo el modelo agroecológico se dieron condiciones favorables para que las bacterias nitrificantes conviertan el amonio a nitrato, siendo este último la principal forma de absorción de N por las plantas (Inpofos, 1997). Por su parte, los valores promedio de K, Ca, Mg, P y S, se catalogaron en un nivel alto en el suelo. En cuanto a la CIC, tanto el modelo agroecológico como el testigo estuvieron por debajo de 20 meq/100 g de suelo, lo que indicó un nivel medio en los suelos.

Al comparar el efecto de los tres modelos agroecológicos sobre los macro y micronutrientes de los suelos en el municipio de La Playa, se encontró que en términos generales no hay diferencias significativas entre los modelos establecidos, salvo con el B donde el modelo tres fue superior a los otros dos modelos con una media de 0,23ppm (Tabla 26).

**Tabla 26.** Análisis de la varianza para la comparación de los elementos químicos en los suelos bajo los diferentes modelos agroecológicos implementados en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander.

| Modelo   | K            | Ca    | Mg    | Na     | Al          | C.I.C      | Cl <sup>-</sup> | P     | N-NH <sub>4</sub>  | N-NO <sub>3</sub> | S      | Fe     | Mn      | Cu      | Zn    | B      |        |
|----------|--------------|-------|-------|--------|-------------|------------|-----------------|-------|--------------------|-------------------|--------|--------|---------|---------|-------|--------|--------|
|          | meq / 100 cc |       |       | meq /L | meq/ 100 cc | meq/ 100 g | meq/ 100 L      | Ppm   |                    |                   |        |        |         |         |       |        |        |
| La Playa | 1 R-A-F      | 0,48a | 4,14a | 1,89a  | 0,52a       | 0,62a      | 18,90a          | 0,86a | 33,70 <sup>a</sup> | 13,10a            | 49,50a | 19,20a | 201,70a | 139,70a | 0,42a | 6,73a  | 0,25a  |
|          | 2 R-A-M      | 0,38a | 3,30a | 1,54a  | 0,30a       | 1,40a      | 15,60a          | 0,85a | 23,00a             | 15,60a            | 39,50a | 20,10a | 142,50a | 103,00a | 0,32a | 5,28a  | 0,15b  |
|          | 3 R-B-M      | 0,32a | 3,25a | 1,10a  | 0,46a       | 1,00a      | 14,40a          | 1,01a | 30,70 <sup>a</sup> | 9,80a             | 57,00a | 16,10a | 119,10a | 84,60a  | 0,56a | 5,30a  | 0,23ab |
|          | CV (%)       | 79,19 | 77,03 | 107,84 | 105,54      | 144,63     | 42,99           | 53,46 | 129,49             | 58,68             | 151,15 | 136,87 | 56,95   | 121,80  | 68,85 | 122,70 | 38,43  |
|          | EE*          | 0,10  | 0,87  | 0,52   | 0,14        | 0,46       | 2,22            | 0,15  | 11,93              | 2,38              | 23,26  | 7,99   | 27,81   | 42,02   | 0,09  | 2,24   | 0,03   |

M: Maíz, R: Roble; B: Brevo, F: Frijol

Valores de las medias con letras desiguales en las columnas dentro e cada municipio difieren para P<0,05 según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

El análisis de la varianza aplicado entre las fincas para comparar la concentración de los elementos químicos de los suelos arrojó diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) en la concentración de boro en el municipio de La Playa. El análisis de varianza aplicado entre las fincas para comparar la concentración de los elementos químicos de los suelos dentro de los modelos, arrojó que no existen diferencias significativas.

El resultado del análisis de varianza para las variables físicas y químicas de los suelos entre modelos agroecológicos, no arrojó diferencias estadísticamente significativas (Tabla 27).

**Tabla 27.** Análisis de la varianza para la comparación de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos bajo los tres modelos agroecológicos implementados en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander.

| Modelo   | P.H.    | C.E.  | Arena  | Limo   | Arcilla | M. Orgánica | C TOT | Sat. Humedad | Sat. Bases | Densidad A. |        |
|----------|---------|-------|--------|--------|---------|-------------|-------|--------------|------------|-------------|--------|
|          | m.S/cm  |       | %      |        |         |             |       |              | g/cc       |             |        |
| La Playa | 1 R-A-F | 5,57a | 0,39a  | 33,30a | 36,50a  | 30,30a      | 3,41a | 1,98a        | 41,03a     | 40,84a      | 1,16a  |
|          | 2 R-A-M | 5,27a | 0,43a  | 42,40a | 35,10a  | 22,50a      | 3,04a | 1,76a        | 43,40a     | 47,15a      | 1,31a  |
|          | 3 R-B-M | 5,35a | 0,54a  | 47,40a | 31,50a  | 21,00a      | 2,87a | 1,61a        | 41,50a     | 45,53a      | 16,07a |
|          | CV (%)  | 11,71 | 110,83 | 64,96  | 41,97   | 60,43       | 17,63 | 21,00        | 23,43      | 81,30       | 435,86 |
|          | EE*     | 0,20  | 0,16   | 8,43   | 4,56    | 4,70        | 0,17  | 0,12         | 3,11       | 11,44       | 8,53   |

M: Maíz, R: Roble; B: Brevo, F: Frijol

Valores de las medias con letras desiguales en las columnas dentro de cada modelo difieren para  $P < 0,05$  según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

En la comparación de las propiedades físicas y químicas de los suelos de los tres modelos agroecológicos, arrojó que no existe diferencia significativa entre y dentro de los modelos.

El análisis de varianza para la interacción finca x modelo agroecológico para los elementos químicos en el municipio de La Playa muestra diferencia estadística para el N-NH<sub>4</sub> y el hierro. (Tabla 28). Para los demás elementos químicos no se presentó diferencia estadísticamente significativa.

**Tabla 28.** Análisis de la varianza para la comparación de algunos elementos químicos de los suelos en la interacción finca por modelo agroecológico en el municipio La Playa de Belén, Norte de Santander

| Finca    | Modelo | K            | Ca    | Mg    | Na    | Al      | C.I.C       | Cl <sup>-</sup> | P          | N-NH <sub>4</sub> | N-NO <sub>3</sub> | S      | Fe        | Mn      | Cu    | Zn     | B       |
|----------|--------|--------------|-------|-------|-------|---------|-------------|-----------------|------------|-------------------|-------------------|--------|-----------|---------|-------|--------|---------|
|          |        | meq / 100 cc |       |       |       | meq / L | meq/ 100 cc | meq/ 100 g      | meq/ 100 L | Ppm               |                   |        |           |         |       |        |         |
| Modelo 1 | 1      | 0,41a        | 6,92a | 3,59a | 1,30a | 0,46a   | 13,00a      | 1,40a           | 35,50a     | 18,00abc          | 165,00a           | 54,50a | 310,00ab  | 10,50a  | 0,70a | 9,75a  | 0,22ab  |
|          | 2      | 0,76a        | 6,66a | 3,69a | 0,68a | 0,01a   | 22,00a      | 1,00a           | 106,00a    | 9,00bcd           | 15,00a            | 7,50a  | 336,00a   | 401,00a | 0,55a | 20,65a | 0,355a  |
|          | 3      | 0,12a        | 0,33a | 0,23a | 0,09a | 0,01a   | 20,00a      | 0,62a           | 1,00a      | 19,50ab           | 5,00a             | 1,50a  | 78,00bc   | 5,50a   | 0,35a | 0,45a  | 0,17ab  |
|          | 4      | 0,87a        | 3,88a | 1,25a | 0,25a | 0,25a   | 22,50a      | 0,74a           | 17,50a     | 11,00bcd          | 50,00a            | 21,00a | 159,50abc | 232,50a | 0,30a | 1,60a  | 0,27ab  |
|          | 5      | 0,29a        | 2,94a | 0,72a | 0,30a | 2,40a   | 17,00a      | 0,56a           | 8,50a      | 8,00bcd           | 12,50a            | 11,50a | 125,00abc | 49,00a  | 0,20a | 1,20a  | 0,27ab  |
| Modelo 2 | 1      | 0,30a        | 3,50a | 0,68a | 0,14a | 1,11a   | 14,00a      | 0,76a           | 35,00a     | 11,50bcd          | 17,50a            | 10,50a | 179,00abc | 35,00a  | 0,40a | 6,10a  | 0,105b  |
|          | 2      | 0,24a        | 2,50a | 1,55a | 0,15a | 1,55a   | 15,50a      | 0,52a           | 4,00a      | 3,50d             | 12,50a            | 12,50a | 96,50abc  | 73,50a  | 0,25a | 0,90a  | 0,185ab |
|          | 3      | 0,73a        | 4,65a | 0,87a | 0,44a | 1,76a   | 20,50a      | 0,96a           | 50,00a     | 13,50bcd          | 102,50a           | 60,50a | 186,00abc | 51,00a  | 0,40a | 5,75a  | 0,17ab  |
|          | 4      | 0,35a        | 1,58a | 3,77a | 0,28a | 2,60a   | 20,00a      | 0,64a           | 1,00a      | 30,00a            | 12,50a            | 3,50a  | 148,50abc | 150,50a | 0,30a | 9,40a  | 0,24ab  |
|          | 5      | 0,33a        | 4,29a | 0,88a | 0,49a | 0,01a   | 8,00a       | 1,38a           | 25,00a     | 19,50ab           | 52,50a            | 13,50a | 102,50abc | 205,00a | 0,25a | 4,25a  | 0,09b   |

| Finca    | Modelo | K            | Ca    | Mg     | Na     | Al          | C.I.C      | Cl <sup>-</sup> | P      | N-NH <sub>4</sub> | N-NO <sub>3</sub> | S      | Fe        | Mn      | Cu    | Zn     | B      |
|----------|--------|--------------|-------|--------|--------|-------------|------------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|--------|-----------|---------|-------|--------|--------|
|          |        | meq / 100 cc |       |        | meq /L | meq/ 100 cc | meq/ 100 g | meq/ 100 L      | Ppm    |                   |                   |        |           |         |       |        |        |
| Modelo 3 | 1      | 0,23a        | 2,16a | 1,59a  | 0,24a  | 1,01a       | 11,00a     | 0,68a           | 2,50a  | 7,00bcd           | 5,00a             | 11,00a | 84,50abc  | 68,00a  | 0,45a | 0,30a  | 0,25ab |
|          | 2      | 0,11a        | 0,69a | 0,34a  | 0,18a  | 2,75a       | 23,00a     | 0,56a           | 1,00a  | 15,50bcd          | 17,50a            | 2,50a  | 120,50abc | 42,50a  | 0,20a | 0,25a  | 0,30ab |
|          | 3      | 0,43a        | 3,42a | 0,85a  | 0,34a  | 1,16a       | 21,00a     | 1,02a           | 45,00a | 3,50d             | 62,50a            | 28,50a | 39,00c    | 25,50a  | 0,35a | 4,25a  | 0,33ab |
|          | 4      | 0,46a        | 6,13a | 1,72a  | 0,82a  | 0,01a       | 10,00a     | 1,22a           | 61,00a | 18,00abc          | 120,00a           | 18,05a | 178,50abc | 125,50a | 0,75a | 11,95a | 0,14ab |
|          | 5      | 0,43a        | 3,88a | 1,03a  | 0,75a  | 0,10a       | 7,00a      | 1,60a           | 44,00a | 5,00cd            | 80,00a            | 20,00a | 173,00abc | 161,50a | 1,05a | 9,75a  | 0,16ab |
| CV (%)   |        | 77,61        | 71,53 | 100,84 | 99,17  | 145,81      | 38,39      | 50,20           | 107,20 | 27,40             | 150,62            | 130,85 | 41,40     | 97,34   | 62,36 | 94,64  | 29,05  |
| EE*      |        | 0,07         | 4,60  | 1,65   | 0,13   | 1,54        | 27,70      | 0,15            | 689,66 | 8,74              | 3799,52           | 412,86 | 2889,78   | 7975,43 | 0,05  | 21,09  | 0,003  |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.  
Valores de las medias con letras desiguales en las columnas difieren para P<0,05 según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

El análisis de varianza, muestra que para el modelo 1, se presentó diferencia estadísticamente significativa en el Fe y el B con medias de 336 ppm y 0.355 ppm respectivamente en el predio El Porvenir. Para los demás elementos, se obtuvo un comportamiento similar en este modelo agroecológico.

En el modelo agroecológico dos, se presentó diferencia en los elementos N - NH<sub>4</sub> y B. Para el primer elemento se obtuvo una media de 30 ppm en el predio San Agustín y para el segundo una media de 0.10 y 0.09 en los predios Carrizal y San Roque respectivamente. Para los demás elementos no se presentaron diferencias significativas.

Para el modelo 3, se presentó diferencia significativa en el contenido de N - NH<sub>4</sub> y Fe presentándose medias de 3.50 ppm y 39 ppm respectivamente en el predio Los Pumarrosos.

Los resultados de las interacciones fincas x modelo reflejan que hay un efecto del tipo de cultivo sobre las características químicas de los suelos. Se observó un ligero incremento en los valores de pH de los suelos en casi todas las fincas de los modelos 2 y 3, lo cual resultó positivo para la disponibilidad de los nutrientes en los suelos en esos modelos.

Adicionalmente, se puso en evidencia que los suelos del municipio de La Playa presentan diferencias en su taxonomía y su textura. Además, los resul-

tados de los análisis de los macronutrientes de las 15 fincas del municipio mostraron una variabilidad espacial muy alta reflejados en las oscilaciones de los valores máximos y mínimos y en los altos valores del coeficiente de variación, situación que se repite en los micronutrientes.

Aunque la comparación de medias de las variables químicas y agroquímicas entre la parcela agroecológica y la parcela testigo no haya manifestado diferencia estadística en la mayoría de las variables es favorable para la comparación de la parcela agroecológica con el testigo, pero no se favorece con el sistema agroforestal en ambas parcelas y el bajo nivel de paquetes agroecológicos implementados en esta última.

Las diferencias encontradas entre los modelos de un mismo municipio en cuanto a las variables químicas y agroquímicas hay que tenerla muy presentes a la hora de validar un modelo sobre el otro.

El resultado del ANOVA referente a las interacciones fincas x modelos agroecológicos en el municipio de La Playa, demostró que existen diferencias estadísticas en algunas variables entre las fincas de un mismo modelo, lo que indica que no se cumplió en el proyecto un diseño experimental clásico por no existir la uniformidad en las repeticiones, lo cual que no favoreció la realización de los análisis de varianza. Se observaron diferencias en el porcentaje de limo, siendo diferente la finca Mogotes del modelo 3 respecto a las demás fincas del municipio. La saturación de humedad, presentó valores bajos en la finca El Porvenir del modelo 1 con un 20,15% mientras que en la finca La Vaquera del modelo 3 se presentó un 50,50% siendo el valor más alto (Tabla 29).

**Tabla 29.** Resultados del ANOVA de los elementos agroquímicos para las interacciones finca por modelo en el municipio La Playa de Belén

| Fincas   | Modelo | P.H.  | C.E.   | Arena  | Limo    | Arcilla            | M. Orgánica | C.O.  | Sat. Humedad | Sat. Bases | Densidad A. |
|----------|--------|-------|--------|--------|---------|--------------------|-------------|-------|--------------|------------|-------------|
|          |        |       | m.S/cm | %      |         |                    |             |       |              |            | g/cc        |
| Modelo 1 | 1      | 5,62a | 1,09a  | 50,00a | 31,00ab | 19,00a             | 1,82a       | 1,82a | 38,00ab      | 86,07a     | 1,27a       |
|          | 2      | 6,38a | 0,29a  | 22,00a | 42,50ab | 35,50 <sup>a</sup> | 1,83a       | 1,83a | 20,15b       | 53,41a     | 1,14a       |
|          | 3      | 5,65a | 0,05a  | 29,50a | 37,00ab | 33,50 <sup>a</sup> | 2,34a       | 2,34a | 49,50a       | 3,43a      | 1,08a       |
|          | 4      | 5,27a | 0,39a  | 28,00a | 32,50ab | 40,00a             | 1,73a       | 1,73a | 49,50a       | 33,70a     | 1,14a       |
|          | 5      | 4,96a | 0,18a  | 37,00a | 39,50ab | 23,50 <sup>a</sup> | 2,19a       | 2,19a | 48,00ab      | 27,61a     | 1,22a       |



| Finca    | Modelo | P.H.  | C.E.   | Arena  | Limo    | Arcilla            | M. Orgánica | C.O.  | Sat. Humedad | Sat. Bases | Densidad A. |
|----------|--------|-------|--------|--------|---------|--------------------|-------------|-------|--------------|------------|-------------|
|          |        |       | m.S/cm | %      |         |                    |             |       |              |            | g/cc        |
| Modelo 2 | 1      | 5,09a | 0,23a  | 52,50a | 28,00ab | 19,50 <sup>a</sup> | 3,10a       | 1,80a | 38,00ab      | 36,97a     | 1,48a       |
|          | 2      | 5,03a | 0,17a  | 39,50a | 38,50ab | 22,00a             | 2,78ab      | 1,61a | 45,50ab      | 55,43a     | 1,24a       |
|          | 3      | 5,51a | 1,20a  | 28,00a | 37,50ab | 34,50 <sup>a</sup> | 3,20a       | 1,86a | 49,50a       | 40,41a     | 1,17a       |
|          | 4      | 4,66a | 0,12a  | 17,00a | 55,00ab | 28,00a             | 3,12a       | 1,81a | 47,50ab      | 33,92a     | 1,20a       |
|          | 5      | 6,10a | 0,46a  | 75,00a | 16,50b  | 8,50 <sup>a</sup>  | 3,04a       | 1,76a | 36,50ab      | 69,04a     | 1,50a       |
| Modelo 3 | 1      | 5,48a | 0,13a  | 59,50a | 22,00ab | 18,50 <sup>a</sup> | 1,56b       | 0,66b | 39,50ab      | 41,63a     | 1,31a       |
|          | 2      | 4,67a | 0,16a  | 7,00a  | 58,00a  | 35,00a             | 3,19a       | 1,85a | 50,50a       | 4,98a      | 1,08a       |
|          | 3      | 5,41a | 0,50a  | 27,50a | 37,00ab | 35,00a             | 3,06a       | 1,78a | 43,00ab      | 20,71a     | 1,12a       |
|          | 4      | 6,13a | 1,06a  | 65,00a | 24,00ab | 11,00a             | 3,10a       | 1,79a | 35,00ab      | 84,06a     | 75,27a      |
|          | 5      | 5,10a | 0,88a  | 78,00a | 16,50b  | 5,50 <sup>a</sup>  | 3,48a       | 2,02a | 39,50ab      | 76,30a     | 1,62a       |
| CV (%)   | 9,31   | 92,06 | 54,01  | 30,12  | 58,63   | 10,70              | 12,63       | 17,39 | 74,59        | 435,17     |             |
| EE*      | 0,18   | 0,13  | 347,26 | 75,78  | 147,08  | 0,08               | 0,04        | 37,66 | 779,49       | 512,53     |             |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Valores de las medias con letras desiguales en las columnas difieren para  $P < 0,05$  según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

## Caracterización biológica del suelo

Los invertebrados relacionados con el suelo juegan un papel importante en las dinámicas de los ecosistemas, determinadas por las coberturas vegetales, uso del suelo, relieves y dinámicas meteorológicas, contribuyendo al ciclaje de nutrientes, dándole al suelo ciertos atributos como la mineralización del suelo, aumento de presencia de fósforo y nitrógeno, los cuales se encuentran por la contribución de los artrópodos asociados al suelo en procesos de descomposición, dejando los compuestos de manera más simple para encontrarlos a diferentes escalas por efectos de arrastre producido en las precipitaciones de la zona (Usher, et al., 2006), este tipo de características y la oferta de alimento de cada ecosistema son determinantes para la riqueza de una zona, lo que es indispensable conocer antes de la implementación de cualquier sistema productivo, integrando nuevas actividades agrícolas a las dinámicas previamente existentes, potencializando de esta las ventajas de cada terreno.

A continuación, se presentan los resultados de la macrofauna, mesofauna y microfauna correspondiente al municipio de La playa de Belén, Norte de Santander por modelo agroecológico (Tabla 30):

## Modelo Agroecológico Forestal – Aguacate – Frijol

**Tabla 30.** Biología del suelo para el modelo agroecológico Forestal - Aguacate - Frijol

| Predio              | Macrofauna  |  | Mesofauna  | Microfauna   |
|---------------------|---|--|--|--|
|                     | Riqueza   | Abundancia   |  |  |
| <b>Carrizal</b>     | Se recolectaron 45 individuos de macrofauna, distribuidas en 10 órdenes, 13 familias y 18 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Coleoptera con el 27%, seguido de Hemiptera con el 20%.       | La distribución de abundancia de los individuos recolectados muestra que la morfoespecie más dominante fue Blattidae sp1 seguida Lygaeidae sp1.                                    | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Araneae.                         | Se identificaron Protozoos y Nemátodos descomponedores de materia orgánica.        |
| <b>Llano Seco</b>   | Se recolectaron 71 individuos de macrofauna, distribuidas en 7 órdenes, 11 familias y 16 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 46%, seguido de Crassidictelata con el 21%. | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Ermelinda León Guerrero muestra que la morfoespecie más dominante fue Atta sp1 seguida Lumbricus sp1. | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembola y Symphyla.                         | Se hallaron un total de 9 nemátodos de hábito saprófago en las muestras analizadas |
| <b>Los Pumarros</b> | Se recolectaron 86 individuos de macrofauna, distribuidas en 12 órdenes, 13 familias y 23 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 31%, seguido de Isoptera con el 17%.       | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de David Ernesto Claro muestra que la morfoespecie más dominante fue Atta sp1 seguida Termitidae sp1     | Se encontró que las morfoespecies dominantes fue Collembolos seguido por otros grupos taxonómicos. | Se hallaron tres Phylum importantes componiendo la microfauna de la zona           |

| Predio             | Macrofauna   |   | Mesofauna  | Microfauna   |
|--------------------|--|---|--|--|
|                    | Riqueza  | Abundancia  |  |  |
| <b>San Agustín</b> | Se recolectaron 61 individuos de macrofauna, distribuidas en 10 órdenes, 16 familias y 24 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Coleoptera con el 24%, seguido de Hemiptera con el 16%.          | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Gustavo Ortiz muestra que la morfoespecie más dominante fue <i>Odontomachus</i> sp1 seguida <i>Lumbricus</i> sp1.      | Se encontró que las morfoespecies dominantes fuer <i>Collembolos</i> seguida por otros grupos taxonómicos como el <i>Miriapoda</i> . | Se identificó un número importante de nemátodos de la familia <i>Anguinidae</i> haciendo parte de la rizosfera del suelo.  |
| <b>San Roque</b>   | Se recolectaron 94 individuos de macrofauna, distribuidas en 7 órdenes, 4 familias y 12 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue <i>Acari</i> con el 60%, seguido de <i>Hymenoptera</i> con el 17%. | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Elibardo Ascanio Ascanio muestra que la morfoespecie más dominante fue <i>Acari</i> sp1 seguida <i>Myrmicinae</i> sp1. | Se encontró que la morfoespecie dominante fue <i>Collembolos</i> seguida de <i>Miriapoda</i> .                                       | El análisis de las muestras logró identificar la presencia de nemátodos en una cantidad considerable seguido de protozoos. |

Fuente. Equipo investigador

## Modelo Agroecológico Forestal – Aguacate – Maíz

**Tabla 31.** Biología del suelo para el modelo agroecológico Forestal - Aguacate - Maíz

| Predio           | Macrofauna  |   | Mesofauna  | Microfauna   |
|------------------|---|---|--|--|
|                  | Riqueza   | Abundancia  |  |  |
| <b>El Placer</b> | Se recolectaron 45 individuos de macrofauna, distribuidas en 10 órdenes, 14 familias y 18 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Yesid Pacheco Carrascal mostró que la morfoespecie | Se encontró una sola morfoespecie <i>Collembolos</i> . | Se registró la presencia de tres diferentes Phylum en la zona: Protozoos, Rotíferos y Nemátodos. |

| Predio             | Macrofauna   |  | Mesofauna  | Microfauna  |
|--------------------|--|--|--|---|
|                    | Riqueza  | Abundancia   |  |   |
|                    | muestra fue Hymenoptera con el 40%, seguido de Araneae con el 13%.   | más dominante fue Odontomachus sp1 seguida Lycosidae sp1.  |  |   |
| <b>El Limón</b>    | Se recolectaron 56 individuos de macrofauna, distribuidas en 11 órdenes, 12 familias y 23 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 25%, seguido de Euonychophora con el 12%. | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Armando Duran Carrascal mostró que la morfoespecie más dominante fue Atta sp1 seguida Julida sp1.                 | Se encontró que la morfoespecie dominante es Collembolos seguida por Miiapoda. | Este predio registró poca abundancia y sólo se hallaron individuos de dos Phylum: Protozoos y Nemátodos.    |
| <b>El Filo</b>     | Se recolectaron 60 individuos de macrofauna, distribuidas en 13 órdenes, 13 familias y 22 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 18%, seguido de Acari con el 15%.         | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de José del Carmen Ascanio Ascanio muestra que la morfoespecie más dominante fue Acari sp1 seguida Pentatomidae sp1. | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Symphyla.    | Se registraron dos Pylum: Protozoos y Nemátodos, siendo la clase Ciliata la más abundante con 5 individuos. |
| <b>El Porvenir</b> | Se recolectaron 25 individuos de macrofauna, distribuidas en 9 órdenes, 12 familias y 14 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hemiptera con el 32%, seguido de Araneae con el 12%.          | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Jairo Ortiz Ortiz mostró que la morfoespecie más dominante fue Berytidae sp1 seguida Araneae sp1.                 | No se encontraron organismos.  | Se identificaron nemátodos de habito saprofago registrando 9 individuos.                                    |

| Predio           | Macrofauna  |   | Mesofauna   | Microfauna  |
|------------------|---|---|---|---|
|                  | Riqueza   | Abundancia  |   |   |
| <b>El Rincón</b> | Se recolectaron 90 individuos de macrofauna, distribuidas en 10 órdenes, 17 familias y 21 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 54%, seguido de Coleoptera con el 20%. | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Leonangel Claro Sepúlveda mostró que la morfoespecie más dominante fue Atta sp1 seguida Ponerinae sp1. | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Symphyla. | Las muestras obtenidas en campo reflejaron la presencia de protozoos y dos familias de nemátodos de hábitos saprófagos. |

Fuente. Equipo investigador

### Modelo Agroecológico Forestal - Brevo – Maíz

**Tabla 32.** Biología del suelo para el modelo agroecológico Forestal - Brevo - Maíz

| Predio            | Macrofauna  |   | Mesofauna   | Microfauna  |
|-------------------|---|---|---|---|
|                   | Riqueza   | Abundancia  |   |   |
| <b>La María</b>   | Se recolectaron 58 individuos de macrofauna, distribuidas en 4 órdenes, 6 familias y 10 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 41%, seguido de Coleoptera con el 38%. | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Ana Carolina Romero Naranjo mostró que la morfoespecie más dominante fue Scarabaeidae -larva seguida Atta sp1. | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Symphyla seguida por Miriapoda y Arachnida. | Se evidenció la presencia de Rotíferos con poca abundancia.         |
| <b>La Vaquera</b> | Se recolectaron 64 individuos de macrofauna, distribuidas en 9 órdenes, 10 familias y 15 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la  | a distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Jose David Ascanio Ascanio mostró que la  | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Arachida.                                   | Los Nemátodos conformaron el Phylum con mayor presencia en la zona. |

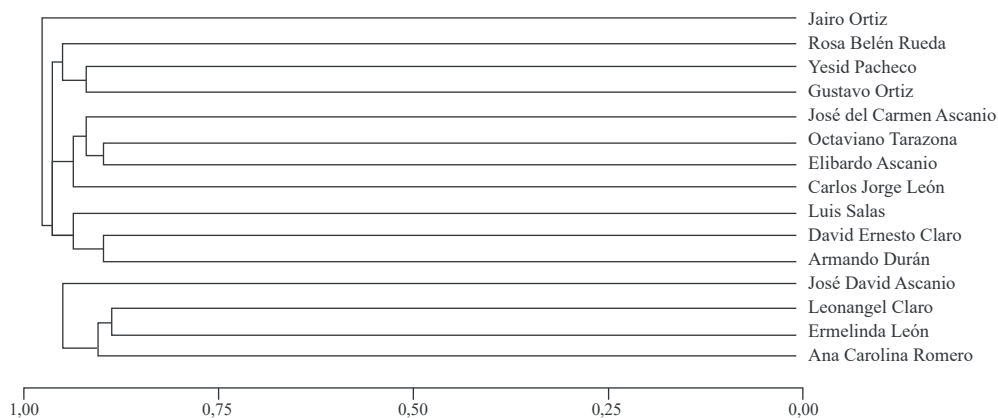
| Predio                | Macrofauna   |   | Mesofauna   | Microfauna   |
|-----------------------|--|---|---|--|
|                       | Riqueza  | Abundancia  |   |  |
|                       | muestra fue Hymenoptera con el 33%, seguido de Hemiptera con el 17%.   | morfoespecie más dominante fue Formicinae sp1 seguida Labiduridae pl  |   |  |
| <b>Llano del Hato</b> | Se recolectaron 138 individuos de macrofauna, distribuidas en 8 órdenes, 7 familias y 11 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 39%, seguido de Isoptera con el 39%.   | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Enrique Luis Salas Herrera muestra que la morfoespecie más dominante fue Termitidae sp1 seguida Atta sp1.      | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Arachnida.                      | Protozoos de la Clase Ciliata fueron los microorganismos más abundantes en la muestra.                       |
| <b>Carri-zalito</b>   | Se recolectaron 76 individuos de macrofauna, distribuidas en 9 órdenes, x familias y 16 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 75%, seguido de Isopoda con el 6%.      | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Carlos Jorge León Velásquez mostró que la morfoespecie más dominante fue Solenopsis sp1 seguida Ponerinae sp1. | Se encontró que las morfoespecies dominantes fueron Collembolos y Symphyla seguida por Miriapoda. | Se encontró una considerable abundancia de individuos representantes de los Phylum de Protozoos y Nemátodos. |
| <b>Mogotes</b>        | Se recolectaron 50 individuos de macrofauna, distribuidas en 10 órdenes, 13 familias y 18 morfoespecies, el orden con mayor representatividad en la muestra fue Hymenoptera con el 34%, seguido de Blattodea con el 22%. | La distribución de abundancia de los individuos recolectados en el predio de Octaviano Tarazona Ramírez mostró que la morfoespecie más dominante fue Myrmicinae sp1 seguida Blattidae sp1.  | Se encontró que la morfoespecie dominante fue Collembolos seguida por Arachnida y Miriapoda.      | Se halló una alta abundancia de individuos de la clase Ciliata de Protozoos con un total de 12 individuos.   |

Fuente. Equipo investigador

## Composición de la fauna asociada al suelo

El análisis de similaridad de especies se realizó con el índice de Jaccard determinado por la presencia/ausencia de los individuos, con un Bootstrap (10000 repeticiones); este análisis tuvo en cuenta las 113 morfoespecies registradas en los 15 predios censados, el análisis reportó una similaridad del 89% al 97%, esto se atribuye a la homogeneidad de la zona, caracterizada por el uso del tradicional del suelo enfocado al aprovechamiento agrícola, predominando cultivos de frijol y maíz (Figura 14).

**Figura 14.** Dendrograma de análisis de similaridad índice de Jaccard con un Bootstrap (10000 repeticiones) en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander.



Fuente. Equipo investigador

## Macrofauna

De manera relevante, se encontraron 115 especies pertenecientes a 11 clases, donde sobresale la Insecta. Las demás familias presentaron niveles de riqueza inferior (Tabla 33).

**Tabla 33.** Lista de especies de macrofauna en 15 predios del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander

| Lista de especies     | Orden             | Clase      |
|-----------------------|-------------------|------------|
| Acari sp1             | Acari             | Arachnida  |
| lycosidae sp1         | Araneae           | Arachnida  |
| Araneae sp1           | Araneae           | Arachnida  |
| Araneae sp2           | Araneae           | Arachnida  |
| Araneae sp6           | Araneae           | Arachnida  |
| Araneae sp9           | Araneae           | Arachnida  |
| Tetragnathidae sp1    | Araneae           | Arachnida  |
| Cosmetidae sp1        | Opilion           | Arachnida  |
| Uropygi sp1           | Uropygi           | Arachnida  |
| Geophilomorpha sp1    | Geophilomorpha    | Chilopoda  |
| Geophilomorpha sp2    | Geophilomorpha    | Chilopoda  |
| Scolopendromorpha     | Scolopendromorpha | Chilopoda  |
| Scolopendromorpha sp1 | Scolopendromorpha | Chilopoda  |
| Lumbricus sp1         | Crassicitellata   | Clitellata |
| Julida sp1            | Julida            | Diplopoda  |
| Spirobolida sp1       |                   | Diplopoda  |
| Collembola sp1        | Collembola        | Entognatha |
| Caenogastropoda sp2   |                   | Gastropoda |
| Caenogastropoda sp1   |                   | Gastropoda |
| Stylommatophora sp1   | Pulmonata         | Gastropoda |
| Loboptera sp1         | Blattaria         | Insecta    |
| Blattidae sp1         | Blattodea         | Insecta    |
| Blattidae sp2         | Blattodea         | Insecta    |
| Blattilidae sp1       | Blattodea         | Insecta    |
| Blattilinae sp1       | Blattodea         | Insecta    |
| Poliphagidae sp1      | Blattodea         | Insecta    |
| Cantharidae sp1       | Coleoptera        | Insecta    |
| Carabidae sp1         | Coleoptera        | Insecta    |
| Cerambycidae sp1      | Coleoptera        | Insecta    |



| <b>Lista de especies</b> | <b>Orden</b> | <b>Clase</b> |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Ceraspis sp1             | Coleoptera   | Insecta      |
| Cetoniinae sp1           | Coleoptera   | Insecta      |
| Chrysomelidae sp1        | Coleoptera   | Insecta      |
| Chrysomelidae sp2        | Coleoptera   | Insecta      |
| Chrysomelidae sp3        | Coleoptera   | Insecta      |
| Chrysomelidae sp4        | Coleoptera   | Insecta      |
| Chrysomelidae sp5        | Coleoptera   | Insecta      |
| Chrysomelidae sp6        | Coleoptera   | Insecta      |
| Cicindelidae sp1         | Coleoptera   | Insecta      |
| Coccinellidae sp1        | Coleoptera   | Insecta      |
| Compsus sp1              | Coleoptera   | Insecta      |
| Copriini sp1             | Coleoptera   | Insecta      |
| Curculionidae sp1        | Coleoptera   | Insecta      |
| Dynastinae sp1           | Coleoptera   | Insecta      |
| Elateridae sp - larva    | Coleoptera   | Insecta      |
| Elateridae sp1           | Coleoptera   | Insecta      |
| Elateridae sp5           | Coleoptera   | Insecta      |
| Endomychidae sp1         | Coleoptera   | Insecta      |
| Histeridae sp1           | Coleoptera   | Insecta      |
| Lycidae sp1              | Coleoptera   | Insecta      |
| Lygaeidae sp1            | Coleoptera   | Insecta      |
| Melolonthinae sp2        | Coleoptera   | Insecta      |
| Passalidae sp            | Coleoptera   | Insecta      |
| Scarabaeidae -larva      | Coleoptera   | Insecta      |
| Scarabaeidae sp1         | Coleoptera   | Insecta      |
| Scarabaeinae sp1         | Coleoptera   | Insecta      |
| Staphylinidae sp1        | Coleoptera   | Insecta      |
| Staphylinidae sp2        | Coleoptera   | Insecta      |
| Tenebrionidae sp1        | Coleoptera   | Insecta      |
| Labiduridae sp1          | Dermaptera   | Insecta      |
| Forficulidae sp1         | Dermaptera   | Insecta      |
| Forficulidae sp1         | Dermaptera   | Insecta      |
| Labiduridae p1           | Dermaptera   | Insecta      |
| Phasmatinae sp1          | Dyctioptera  | Insecta      |
| Aetalionidae sp          | Hemiptera    | Insecta      |
| Berytidae sp1            | Hemiptera    | Insecta      |

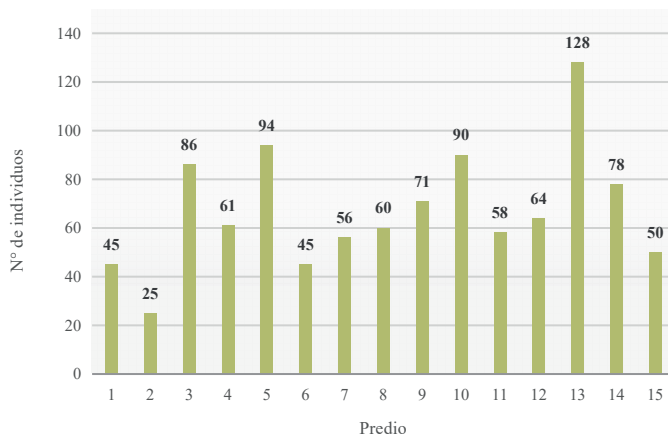
| <b>Lista de especies</b> | <b>Orden</b> | <b>Clase</b> |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Cercopidae sp1           | Hemiptera    | Insecta      |
| Cicadellinae sp1         | Hemiptera    | Insecta      |
| Cicadellinae sp2         | Hemiptera    | Insecta      |
| Cicadellini sp1          | Hemiptera    | Insecta      |
| Cicadidae sp1            | Hemiptera    | Insecta      |
| Coreidae sp1             | Hemiptera    | Insecta      |
| Cydnidae sp              | Hemiptera    | Insecta      |
| Fulgoridae sp1           | Hemiptera    | Insecta      |
| Gelastocoridae sp1       | Hemiptera    | Insecta      |
| Miridae sp1              | Hemiptera    | Insecta      |
| Pentatomidae sp1         | Hemiptera    | Insecta      |
| Pentatomidae sp2         | Hemiptera    | Insecta      |
| Pentatomidae sp3         | Hemiptera    | Insecta      |
| Pyrrhocoridae sp1        | Hemiptera    | Insecta      |
| Reduviidae sp1           | Hemiptera    | Insecta      |
| Rhopalidae sp1           | Hemiptera    | Insecta      |
| Scutelleridae sp1        | Hemiptera    | Insecta      |
| Atta sp1                 | Hymenoptera  | Insecta      |
| Brachymyrmex sp1         | Hymenoptera  | Insecta      |
| Ecitoninae sp            | Hymenoptera  | Insecta      |
| Ectatomma sp1            | Hymenoptera  | Insecta      |
| Formicidae sp1           | Hymenoptera  | Insecta      |
| Formicinae sp1           | Hymenoptera  | Insecta      |
| Myrmicinae sp1           | Hymenoptera  | Insecta      |
| Odontomachus sp1         | Hymenoptera  | Insecta      |
| Ponerinae sp1            | Hymenoptera  | Insecta      |
| Solenopsis sp1           | Hymenoptera  | Insecta      |
| Termitidae sp1           | Isoptera     | Insecta      |
| Arctiidae sp1            | Lepidoptera  | Insecta      |
| Lepidoptera sp - pupa    | Lepidoptera  | Insecta      |
| Lepidoptera sp1          | Lepidoptera  | Insecta      |
| Noctuidae sp1            | Lepidoptera  | Insecta      |
| Saturniidae sp - Larva   | Lepidoptera  | Insecta      |
| Saturniidae sp1          | Lepidoptera  | Insecta      |
| Mantidae sp1             | Mantodea     | Insecta      |
| Mantidae sp2             | Mantodea     | Insecta      |

| Lista de especies | Orden         | Clase         |
|-------------------|---------------|---------------|
| Chrysopidae sp1   | Neuroptera    | Insecta       |
| Acrididae sp1     | Orthoptera    | Insecta       |
| Acrididae sp2     | Orthoptera    | Insecta       |
| Acrididae sp3     | Orthoptera    | Insecta       |
| Gryllus sp1       | Orthoptera    | Insecta       |
| Proscopiidae sp1  | Orthoptera    | Insecta       |
| Tettigoniidae sp1 | Orthoptera    | Insecta       |
| Frankliniella sp1 | Thysanoptera  | Insecta       |
| Armadillidium sp1 | Isopoda       | Malacostraca  |
| Porcellio sp1     | Isopoda       | Malacostraca  |
| Peripatidae sp1   | Euonychophora | Onychophora   |
| Geoplanidae sp2   | Tricladida    | Phabditophora |
| Geoplanidae sp1   | Tricladida    | Phabditophora |
| Symphyla sp1      |               | Symphyla      |

En relación a la abundancia, fueron identificados 1011 individuos con una media de 67,4 por predio con gran dispersión (desviación estándar: 25,05). El predio Carrizalito reportó 128 individuos mientras que el predio El Porvenir solo reportó 25 (Figura 15).

Fuente. Equipo investigador

**Figura 15.** Distribución de la Abundancia en 15 predios del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander.

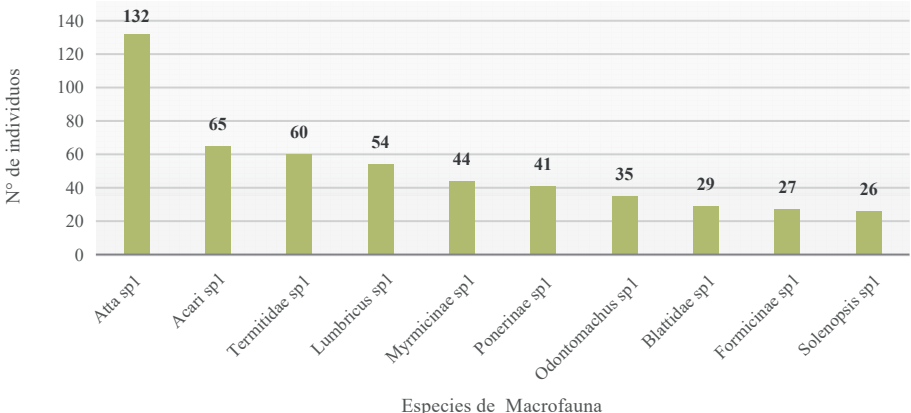


1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En adición a lo anterior, se encontró que la especie más abundante fue *Atta sp1* con 132 individuos (13,05%) seguida de *Lumbricus sp1* con 54 individuos (5,34%).

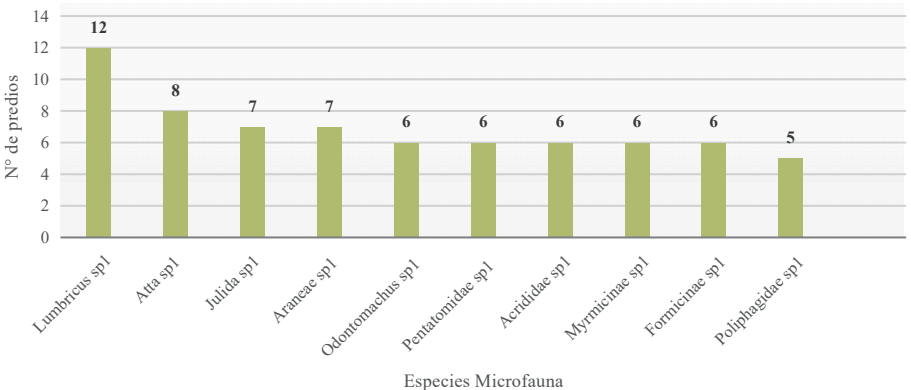
**Figura 16.** Especies macrofauna más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander



Fuente. Equipo investigador

En el presente estudio, *Lumbricus sp1* fue la especie la más ampliamente distribuida, registrándose en 12 de los 15 predios evaluados, mientras que *Atta sp1* se identificó 10 predios. Las demás especies presentaron un rango menos amplio de distribución (Figura 17).

**Figura 17.** Distribución de las especies más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén.

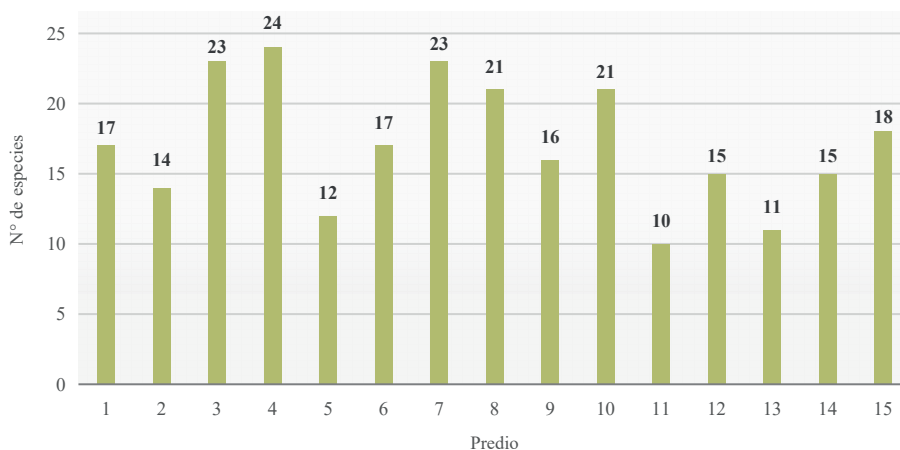


Fuente. Equipo investigador

## Riqueza y Diversidad

La riqueza específica global fue de 115 especies con una media de 67,40 por predio y desviación estándar de ligeramente superior a 25. El rango de especies en el municipio estuvo con 10 como valor mínimo y 24 como valor máximo (Figura 18).

**Figura 18.** Riqueza Específica en 15 predios del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 2,86, diversidad de Margalef 16,48 y dominancia de Simpson 0,04, indicando diversidad moderada y dominancia baja (Medrano, 2017). Los resultados generales son presentados en la tabla 33.

Sin embargo, en el análisis de cada finca se encontró que el predio San Roque obtuvo el mayor valor de dominancia y Diversidad de Margalef, así menores valores de equidad de Shannon, lo cual es reflejado en su riqueza y abundancia ( $S=12$ ;  $n=94$ ). A su vez, el predio San Agustín obtuvo el mayor índice de diversidad de especies de Margalef, con el máximo valor de riqueza ( $S=24$ ) y un número de individuos ( $n=61$ ) superior al valor medio de abundancia. Por su parte, el predio El Rincón presentó mayor índice de equidad de Shannon ( $H'$ ) con 90 individuos (tabla 34).

Al analizar cada predio de manera independiente, los indicadores de Shannon y Margalef se reducen mientras que la dominancia incrementa indicando que la diversidad de cada predio es inferior a la del municipio. Esto concuerda con lo expresado por Morales et al., (2015), quienes mencionan que los indicadores de Shannon y Simpson son más sensibles a la presencia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Morales-Salazar et al., 2015) .

**Tabla 34.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander.

*Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La Playa, Norte de Santander.*

|  |       |
|--|-------|
| Abundancia (N)                           | 115   |
| Equidad de Shannon-Wiener (H')           | 3,86  |
| Riqueza Específica (S)                   | 115   |
| Diversidad de Especies de Margalef (DMg) | 16,48 |
| Dominancia (Simpson)                     | 0,04  |

Fuente. Equipo investigador

En adición a lo establecido, se analizó la distribución de los datos de abundancia, riqueza y biodiversidad mediante estadística descriptiva en el programa Minitab18 y se encontró que la variable abundancia presentó el mayor coeficiente de asimetría positiva ( $As=1,07$ ) con mayor concentración de datos hacia el límite inferior de la distribución, lo cual indica que una proporción considerable de los predios del municipio de La Playa tiende a presentar pocos individuos, en tanto que en la cola derecha de la distribución se ubican los predios que obtuvieron alta abundancia.

**Tabla 35.** Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander.

|   | Abundancia (N) | Riqueza (S) | Diversidad Margalef | Equidad Shanon | Dominancia |
|---|----------------|-------------|---------------------|----------------|------------|
| 1 | 4              | 2           | 4,20                | 0,56           | 0,63       |
| 2 | 0              | 0           | 4,04                | 0,00           | 0,00       |
| 3 | 0              | 3           | 4,94                | 0,57           | 0,41       |
| 4 | 0              | 3           | 5,59                | 0,57           | 0,56       |
| 5 | 8              | 2           | 2,42                | 0,81           | 0,58       |
| 6 | 2              | 1           | 4,20                | 0,00           | 1,00       |

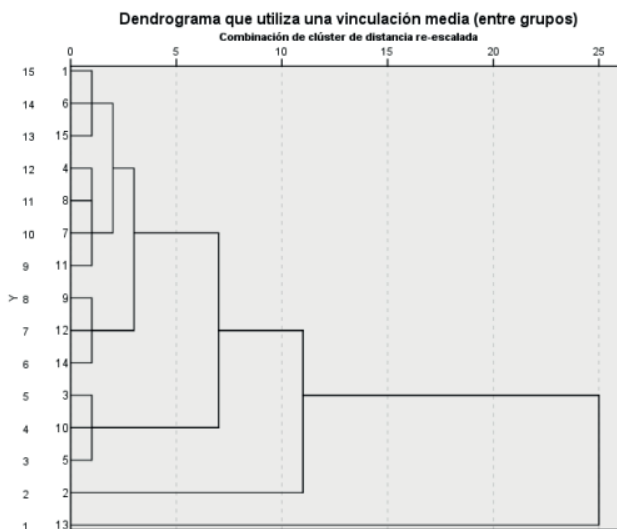
|                            |             |             |             |             |             |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 7                          | 14          | 3           | 5,47        | 0,48        | 0,70        |
| 8                          | 0           | 2           | 4,88        | 0,56        | 0,63        |
| 9                          | 18          | 2           | 3,52        | 0,64        | 0,56        |
| 10                         | 0           | 2           | 4,44        | 0,56        | 0,63        |
| 11                         | 2           | 3           | 2,22        | 0,55        | 0,53        |
| 12                         | 0           | 3           | 3,37        | 0,24        | 0,51        |
| 13                         | 16          | 3           | 2,06        | 0,29        | 0,39        |
| 14                         | 0           | 4           | 3,21        | 0,64        | 0,43        |
| 15                         | 8           | 4           | 4,35        | 0,65        | 0,37        |
| <b>Promedio</b>            | <b>4,80</b> | <b>2,47</b> | <b>3,54</b> | <b>0,48</b> | <b>0,53</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>6,53</b> | <b>1,06</b> | <b>1,11</b> | <b>0,23</b> | <b>0,21</b> |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En el diagrama de conglomerados para los 15 predios del municipio de La Playa, se puede evidenciar que el predio Llano del Hato (13) no presenta asociación con los demás predios, presentando una abundancia de 128 individuos, riqueza de 11 y diversidad de 2,06 (Figura 19).

**Figura 19.** Diagrama de conglomerados para Macrofauna del municipio de La Playa de Belén



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

## Mesofauna

De manera relevante, se encontraron 5 especies pertenecientes a 5 clases, donde sobresale la Arachnida. Las demás familias presentaron niveles de riqueza inferior (Tabla 36).

En cuanto a riqueza de mesofauna, puede considerarse que el número de especies y clases es bajo.

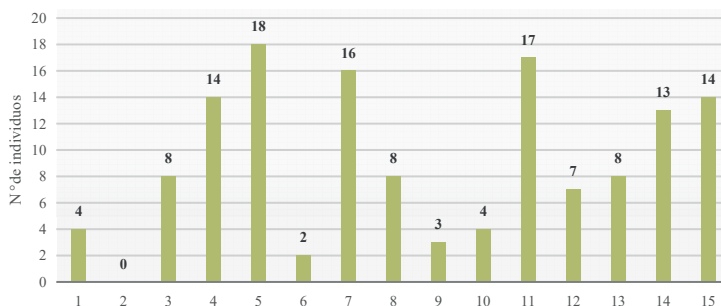
**Tabla 36.** Riqueza Mesofauna en 15 predios del municipio de La Playa de Belén

| Lista de especies  | Orden      | Clase      | Nombre común |
|--------------------|------------|------------|--------------|
| 5                  | 2          | 3          |              |
| Collembolos        | Collembola | Entognatha | Calémbolos   |
| Araneae            | Araneae    | Arachnida  | Araña        |
| Miriapoda Symphyla |            | Symphyla   | Cienpies     |
| Arachnida          |            | Arachnida  | Araña        |
| Acari              |            | Arachnida  | Ácaros       |

Fuente. Equipo investigador

Respecto a la abundancia, se identificaron 136 individuos en total, con un valor medio de 9,06 individuos por predio, aunque con amplias diferencias entre valores máximos y mínimos lo que generó alta dispersión (desviación estándar= 6,53). Es de resaltar que se encontró un predio con 18 individuos (predio San Roque) mientras que otro estuvo representado únicamente por 2 ejemplares (predio El Placer), (Figura 20).

**Figura 20.** Distribución de la abundancia Mesofauna en el municipio de La Playa de Belén



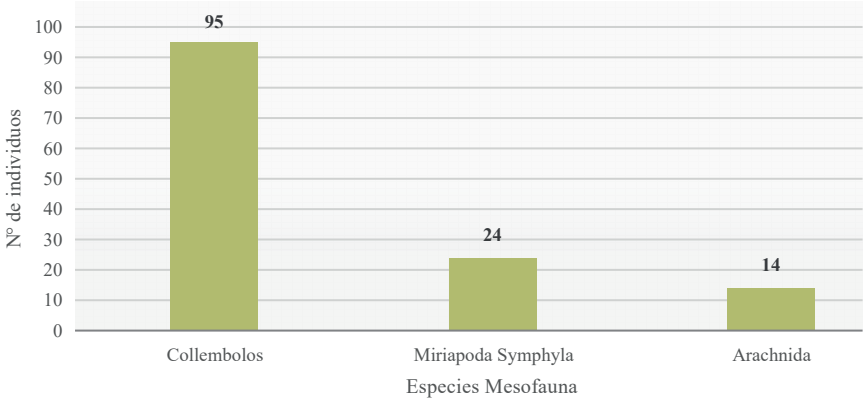
1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador



En adición a lo anterior, se encontró que la especie más abundante fue Collembolos con 95 individuos (69,85%) seguida de Miriapoda Symphyla con 24 individuos (17,64%) (Figura 21).

**Figura 21.** Especies de Mesofauna más abundantes en 15 predios del Municipio de La Paya de Belén.

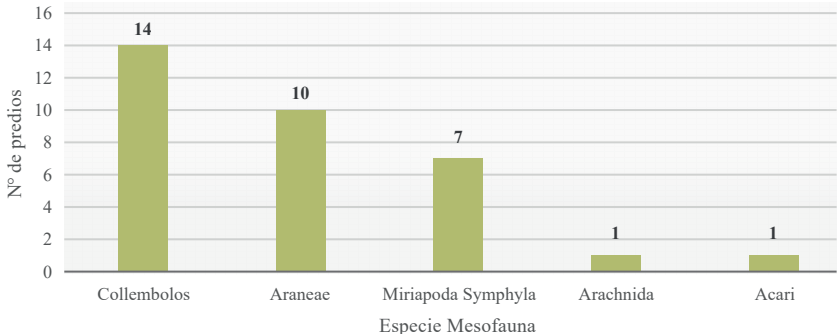


Fuente. Equipo investigador

En el presente estudio, Collembolla fue el orden más ampliamente distribuido, registrándose en 14 de los 15 predios evaluados, mientras que la familia Araneae se identificó en 10 predios. Las demás especies presentaron un rango menos amplio de distribución (Figura 22).

Las especies Arachnida y Acari estuvieron presentes en un solo predio.

**Figura 22.** Distribución de las especies más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén

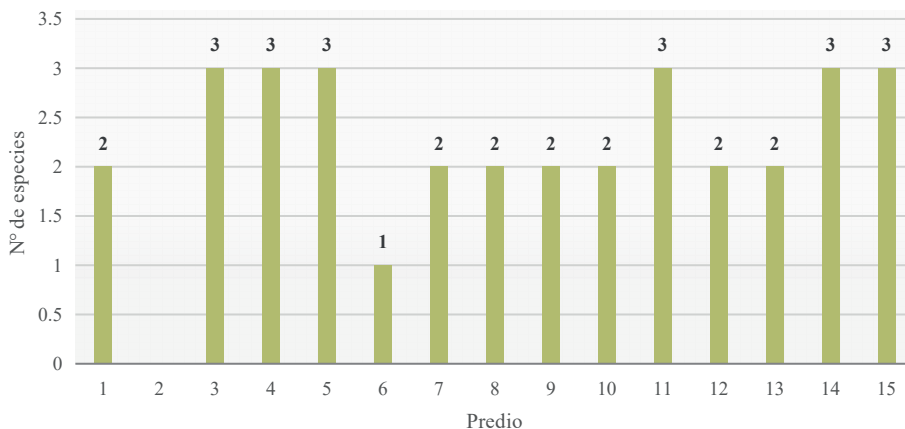


Fuente. Equipo investigador

## Riqueza y Diversidad

La riqueza específica global fue de 5 especies con una media de 9,06 por predio y desviación estándar cercana a 6. El rango de especies en el municipio estuvo con 0,5 como valor mínimo y 4 como valor máximo (Figura 23).

**Figura 23.** Riqueza específica (S) Mesofauna en los 15 predios del municipio de La Playa de Belén.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

Se encontraron predios con menor y riqueza, lo que podría significar menor dominancia, más equidad y mayor diversidad.

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 0,89, diversidad de Margalef 1.02 y dominancia de Simpson 0,53, indicando diversidad moderada y dominancia baja (Medrano, 2017). Los resultados generales son presentados en la tabla 36.

Sin embargo, en el análisis de cada finca se encontró que el predio El Placer obtuvo el mayor valor de dominancia y menores valores de equidad de Shannon y diversidad de Margalef, lo cual es reflejado por su baja riqueza y abundancia ( $S=1$ ;  $n=0$ ). A su vez, el predio Mogotes obtuvo el mayor índice de diversidad de especies de Margalef, con el máximo valor de riqueza ( $S=4$ ) y un número de individuos ( $n=8$ ) superior al valor medio de abun-

dancia. Por su parte, el predio San Roque presentó mayor índice de equidad de Shannon ( $H'$ ) con 8 individuos (Tabla 37).

Al analizar cada predio de manera independiente, los indicadores de Shannon y Margalef se reducen mientras que la dominancia incrementa indicando que la diversidad de cada predio es inferior a la del municipio. Esto concuerda con lo expresado por Morales et al., (2015), quienes mencionan que los indicadores de Shannon y Simpson son más sensibles a la presencia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Morales-Salazar et al., 2015).

**Tabla 37.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén

*Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La Playa, Norte de Santander.*

|   |      |
|---|------|
| Abundancia (N)                                  | 136  |
| Equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )              | 0,89 |
| Riqueza Específica (S)                          | 5    |
| Diversidad de Especies de Margalef ( $D_{Mg}$ ) | 1,02 |
| Dominancia (Simpson)                            | 0,53 |

Fuente. Equipo investigador

En adición a lo establecido, se analizó la distribución de los datos de abundancia, riqueza y biodiversidad mediante estadística descriptiva en el programa Minitab18 y se encontró que la variable abundancia presentó el mayor coeficiente de asimetría positiva ( $As=1,07$ ) con mayor concentración de datos hacia el límite inferior de la distribución, lo cual indica que una proporción considerable de los predios del municipio de La Playa tiende a presentar pocos individuos, en tanto que en la cola derecha de la distribución se ubican los predios que obtuvieron alta abundancia.

**Tabla 38.** Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén

|   | Abundancia (N) | Riqueza (S) | Diversidad Margalef | Equidad Shanon | Dominancia |
|---|----------------|-------------|---------------------|----------------|------------|
| 1 | 4              | 2           | 0,72                | 0,56           | 0,63       |
| 2 | 0              | 0           | 0                   | 0,00           | 0,00       |
| 3 | 8              | 3           | 0,96                | 0,57           | 0,41       |

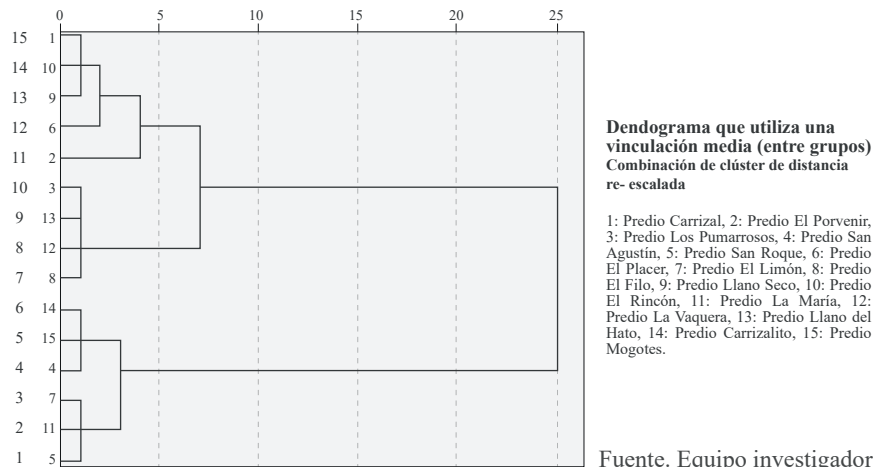
|                            |             |             |             |             |             |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 4                          | 14          | 3           | 0,75        | 0,57        | 0,56        |
| 5                          | 18          | 2           | 0,34        | 0,81        | 0,58        |
| 6                          | 2           | 1           | 0           | 0,00        | 1,00        |
| 7                          | 16          | 3           | 0,72        | 0,48        | 0,70        |
| 8                          | 8           | 2           | 0,48        | 0,56        | 0,63        |
| 9                          | 3           | 2           | 0,91        | 0,64        | 0,56        |
| 10                         | 4           | 2           | 0,72        | 0,56        | 0,63        |
| 11                         | 17          | 3           | 0,70        | 0,55        | 0,53        |
| 12                         | 7           | 3           | 1,02        | 0,24        | 0,51        |
| 13                         | 8           | 3           | 0,96        | 0,29        | 0,39        |
| 14                         | 13          | 4           | 1,16        | 0,64        | 0,43        |
| 15                         | 14          | 4           | 1,13        | 0,65        | 0,37        |
| <b>Promedio</b>            | <b>9,07</b> | <b>2,47</b> | <b>0,70</b> | <b>0,48</b> | <b>0,53</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>6,53</b> | <b>1,06</b> | <b>0,36</b> | <b>0,23</b> | <b>0,21</b> |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En el diagrama de conglomerados para los 15 predios del municipio de La Playa, se puede evidenciar que existe similitud entre los predios San Roque (5), El Limón (7) y La María (11), presentando una abundancia de 18, 16 y 17 individuos respectivamente (Figura 24).

**Figura 24.** Diagrama de conglomerados para Mesofauna del municipio de La Playa de Belén.



## Microfauna

De manera relevante, se encontraron 6 especies pertenecientes a 4 Phylum, donde sobresale la Nemátodos, mientras que las demás familias contaron con menor riqueza, aunque no por ello menos importantes dentro de la estructura de la comunidad forestal del municipio (Tabla 39).

En cuanto a riqueza de microfauna, puede considerarse que el número de especies y clases es bajo.

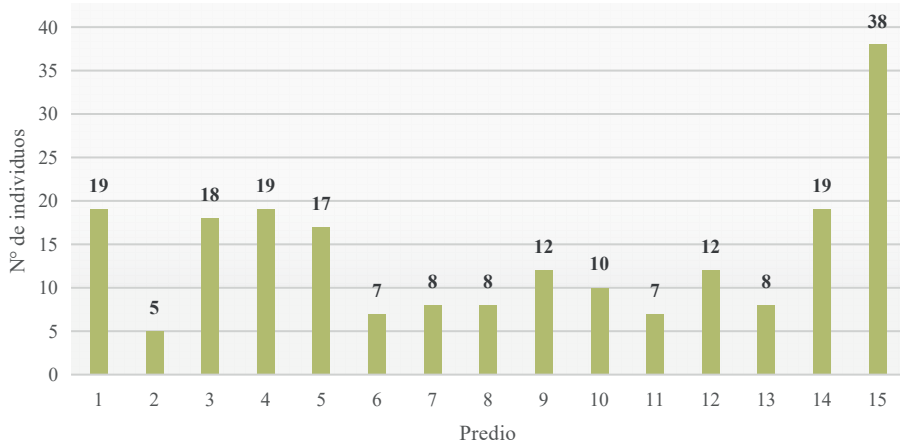
**Tabla 39.** Riqueza Microfauna en 15 predios del municipio de La Playa de Belén

| Lista de especies   | Phylum    | Clase          |
|---------------------|-----------|----------------|
| Protozoos           | Protozoos | Cilata         |
| Rhabditidae         | Nemátodos |                |
| Anguinidae          | Nemátodos |                |
| Neotylenchidae      | Nemátodos | Neotylenchidae |
| Rotífero            | Rotífero  | Monogonta      |
| Protozoos sarcodina | Protozoos | Sarcodina      |

Fuente. Equipo investigador

En relación a la abundancia, fueron identificados 184 individuos con una media de 12,26 por predio con gran dispersión (desviación estándar: 7,82). El predio Mogotes reportó 38 individuos mientras que el predio El Porvenir solo reportó 5 (Figura 25).

**Figura 25.** Distribución de la Abundancia en 15 predios del municipio de La Playa de Belén.

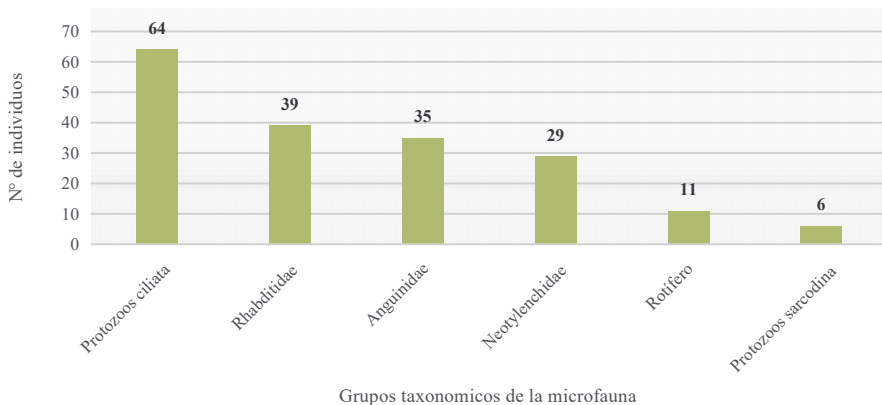


1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En adición a lo anterior, se encontró que el grupo taxonómico ms abundante fue Protozoos ciliata con 64 individuos (34,78%) seguida de Rhabditiidae con 39 individuos (29,34%) (Figura 26).

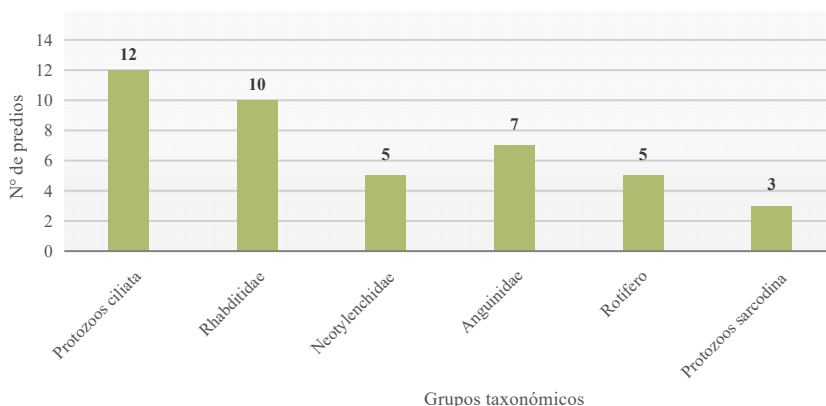
**Figura 26.** Especies de microfauna más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén.



En el presente estudio, Protozoos ciliata fue el grupo taxonómico más ampliamente distribuido, registrándose en 12 de los 15 predios evaluados, mientras que Rhabditiidae se identificó 10 predios. Las demás especies presentaron un rango menos amplio de distribución (Figura 27).

Fuente. Equipo investigador

**Figura 27.** Distribución de los grupos taxonómicos más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén.

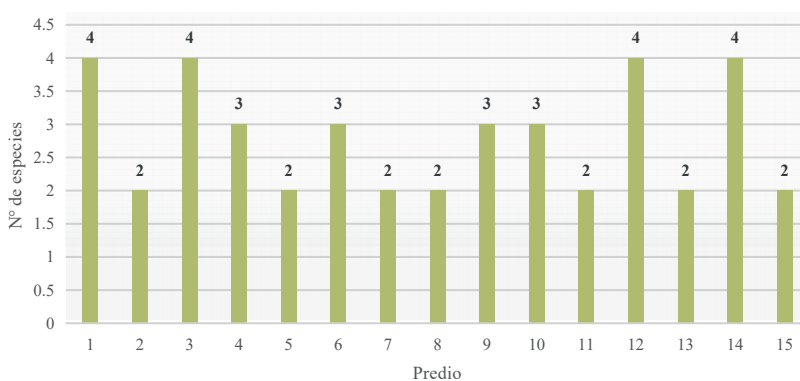


Fuente. Equipo investigador

### Riqueza y Diversidad

La riqueza específica global fue de 6 especies con una media de 1,57 por predio y desviación estándar de 1,55. El rango de especies en el municipio estuvo entre 0 y 10 (Figura 28).

**Figura 28.** Riqueza Específica en 15 predios del municipio de La Playa de Belén.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

Se encontraron predios con menor y riqueza, lo que podría significar menor dominancia, más equidad y mayor diversidad.

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 0,81, diversidad de Margalef 2,39 y dominancia de Simpson 0,24, indicando diversidad moderada y dominancia baja (Medrano, 2017). Los resultados generales son presentados en la tabla 39.

Sin embargo, en el análisis de cada finca se encontró que el predio El Limón obtuvo el mayor valor de dominancia y Diversidad de Margalef, así menores valores de equidad de Shannon, lo cual es reflejado en su riqueza y abundancia ( $S=19$ ;  $n=3$ ). A su vez, el predio Carrizal obtuvo el mayor índice de diversidad de especies de Margalef, con el máximo valor de riqueza ( $S=4$ ) y un número de individuos ( $n=19$ ) superior al valor medio de abundancia. Por su parte, el predio El Limón presentó mayor índice de equidad de Shannon ( $H'$ ) con 18 individuos (Tabla 40).

Al analizar cada predio de manera independiente, los indicadores de Shannon y Margalef se reducen mientras que la dominancia incrementa indicando que la diversidad de cada predio es inferior a la del municipio. Esto concuerda con lo expresado por Morales et al., (2015), quienes mencionan que los indicadores de Shannon y Simpson son más sensibles a la presencia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Morales-Salazar et al., 2015).

**Tabla 40.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén.

***Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La Playa, Norte de Santander.***

|   |      |
|---|------|
| Abundancia (N)                                  | 184  |
| Equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )              | 1,58 |
| Riqueza Específica (S)                          | 6    |
| Diversidad de Especies de Margalef ( $D_{Mg}$ ) | 1,15 |
| Dominancia (Simpson)                            | 0,23 |

Fuente. Equipo investigador



En adición a lo establecido, se analizó la distribución de los datos de abundancia, riqueza y biodiversidad mediante estadística descriptiva en el programa Minitab18 y se encontró que la variable abundancia presentó el mayor coeficiente de asimetría positiva ( $As=1,07$ ) con mayor concentración de datos hacia el límite inferior de la distribución, lo cual indica que una proporción considerable de los predios del municipio de La Playa tiende a presentar pocos individuos, en tanto que en la cola derecha de la distribución se ubican los predios que obtuvieron alta abundancia.

**Tabla 41.** Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén.

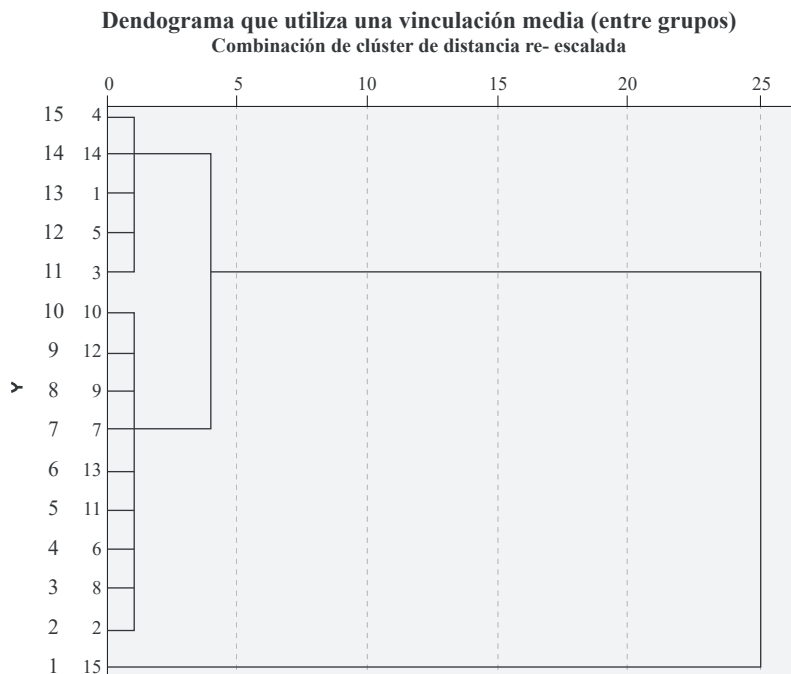
|                     | Abundancia (N) | Riqueza (S) | Diversidad Margalef | Equidad Shanon | Dominancia  |
|---------------------|----------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|
| 1                   | 19             | 2           | 1,01                | 0,56           | 0,63        |
| 2                   | 5              | 0           | 0,62                | 0,00           | 0,00        |
| 3                   | 18             | 3           | 1,03                | 0,57           | 0,41        |
| 4                   | 19             | 3           | 0,67                | 0,57           | 0,56        |
| 5                   | 17             | 2           | 0,35                | 0,81           | 0,58        |
| 6                   | 7              | 1           | 1,02                | 0,00           | 1,00        |
| 7                   | 8              | 3           | 0,48                | 0,48           | 0,70        |
| 8                   | 8              | 2           | 0,48                | 0,56           | 0,63        |
| 9                   | 12             | 2           | 0,80                | 0,64           | 0,56        |
| 10                  | 10             | 2           | 0,86                | 0,56           | 0,63        |
| 11                  | 7              | 3           | 0,51                | 0,55           | 0,53        |
| 12                  | 12             | 3           | 1,20                | 0,24           | 0,51        |
| 13                  | 8              | 3           | 0,48                | 0,29           | 0,39        |
| 14                  | 19             | 4           | 1,01                | 0,64           | 0,43        |
| 15                  | 38             | 4           | 0,36                | 0,65           | 0,37        |
| Promedio            | <b>13,80</b>   | <b>2,47</b> | <b>0,73</b>         | <b>0,48</b>    | <b>0,53</b> |
| Desviación estándar | <b>8,39</b>    | <b>1,06</b> | <b>0,28</b>         | <b>0,23</b>    | <b>0,21</b> |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En el diagrama de conglomerados para los 15 predios del municipio de La Playa, se puede evidenciar que el predio Mogotes no presenta similitud con ningún otro predio, teniendo una abundancia de 38 individuos y una riqueza específica de 4 (Figura 29).

**Figura 29.** Diagrama de conglomerados para microfauna municipio de La Playa de Belén.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

## Inventario forestal


### Coberturas forestales


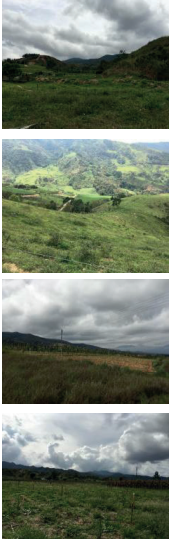
El municipio de La Playa de Belén se ubica en la cordillera Oriental, extendiéndose en un ecosistema de bosque seco subandino y al igual que en la mayor parte de la región norte santandereana, las actividades agrícolas y ganaderas han ido realizando modificaciones a las condiciones del terreno, generando presiones antrópicas, que resultan de las adaptaciones que se realizan en los terrenos para su aprovechamiento, por ende la disminución en los bosque nativos aumenta cada día, disminuyendo las coberturas vegetales a pequeños parches, rodeados de especies que los pobladores han


introducido, para obtener algún benéfico de ellos. Los terrenos ubicados en los bosques subandinos, evidencian esta presión demográfica, en la cual se observa zonas destinadas a la ganadería, siembra de cultivos y parches de arboladas, estos últimos en su mayoría situados en los linderos de las fincas y zonas cercanas a cañadas. La disposición de estas zonas para su aprovechamiento, exige la remoción de la vegetación natural y aumenta la proliferación de especies arbustivas y matorrales, como uvito negro (*Lantana camara*), cojon (*Miconia cf. rufescens*), santa maría (*Clibadium surinamense*), dormidera (*Mimosa pudica*) y pajarito (*Baccharis sp.*), al igual que el aumento de especies introducidas como mango (*Mangifera indica*), naranjo (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus × limon*), pumarroso (*Syzygium jambos*) y aguacate (*Persea americana*), entre otros.

A continuación, se describen las coberturas forestales por modelo agroecológico en el municipio de La Playa (Tabla 42).

**Tabla 42.** Descripción de las coberturas forestales por modelo agroecológico, municipio de La Playa de Belén.

| Modelo Agroecológico   | Descripción   | Ilustraciones   |
|--|---|---|
| <p><b>Modelo 1.</b><br/>Forestal –<br/>Aguacate - Fríjol</p> | <p>Debido a que el terreno ha sido usado por varios años en agricultura y ganadería, las especies arbóreas se han reducido a los límites del área de influencia del proyecto, contando con muy poco individuos, de los cuales barbatusco (<i>Erythrina cf. fusca</i>) y cedro rojo (<i>Cedrela cf. odorata</i>), cuentan con las mayores alturas, con valores que superan los 15m, representando 37.5% de la abundancia.</p> <p>Los árboles frutales, también representaron gran parte de las especies halladas, siendo el guayabo (<i>Psidium guajava</i>) una de las más importantes.</p> <p>Se presentó alta presencia de helecho marrañero (<i>Pteridium aquilinum</i>), que se extiende debido a la facilidad con la que se dispersa las esporas ligeras con los vientos, incluso entre continentes, el helecho prospera en sitios perturbados y en diversos climas y tipos de suelo (EdoRed, 2018).</p> <p>Se encontró una especie introducida por los agricultores de manera moderada, la <i>Citrus sinensis</i>, representando un porcentaje muy bajo de la abundancia.</p> |  |

| Modelo Agroecológico   | Descripción   | Ilustraciones   |
|--|---|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Modelo 2.</b><br/>Forestal –<br/>Aguacate – Maíz</p> | <p>Los predios de este modelo agroecológico, presentaron ondulaciones suaves con presencia de vegetación arbórea en los linderos, siendo las especies <i>Mangifera indica</i>, <i>Citrus sinensis</i> y <i>Eryobothira japónica</i> las más representativas.</p> <p>Los árboles registrados cuco (<i>Persea caerulea</i>), guayabo arrayan (<i>Calycolpus moritzianus</i>) y aguacate (<i>Persea americana</i>), presentan alturas que no alcanzan a superar los 10 metros; estas especies son usadas para leña, cercado y alimentación, respectivamente.</p> <p>Se encontró alta presencia de helecho marrañero (<i>Pteridium aquilinum</i>), especialmente en las partes altas.</p> <p>Los árboles que cuentan con el mayor registro referente a la altura son, guamo de piedra (<i>Inga cf. velutina</i>), guarumo (<i>Cecropia sp.</i>) y negrito (<i>Pseudopiptocarpha cf. garcia-barrigae</i>), cuyas alturas se encuentran en el rango de 10 a 20 metros.</p> <p>Área aprovechada agrícolamente por largo tiempo, en donde se ha sembrado frijol, tomate y pepino, despojando la superficie de especies árboles, para la implementación de los cultivos, beneficiado el aumento de los matorrales y pastos, especies que predominan el terreno actualmente, de las cuales <i>Lantana cámara</i>, <i>Mimosa pudica</i> y <i>Croton ferrugineus</i>.</p> |   |
| <p style="text-align: center;"><b>Modelo 3.</b><br/>Forestal –<br/>Brevo - Maíz</p>    | <p>Estos predios, se han usado para labores agrícolas principalmente, presentando en la actualidad matas de plátano y yuca, además de especies introducidas como <i>Citrus sinensis</i>, <i>Mangifera indica</i> y <i>Carica papaya</i>.</p> <p>Los pastos principalmente <i>Brachiaria decumbens</i> y <i>Panicum maximum</i> cubren gran parte del área, acompañados de algunos individuos arbóreos que se distribuyen en pequeñas arboledas en los bordes del terreno, de los cuales predominan las especies, <i>Myrsine coriácea</i> (mantequilla blanco), <i>Clusia cf. inesiana</i> (rampacho blanco) y <i>Calycolpus moritzianus</i> (guayabo arrayan)</p> <p>Los árboles solo se encontraron en los límites del terreno, esto debido a los procesos agrícolas que se han llevado a cada en el área, donde se ha sembrado cebolla, tomate, frijol, entre otros, que han facilitado el esparcimiento de especies menores, como los pastos y arbustos.</p>   |  |

| Modelo Agroecológico | Descripción  | Ilustraciones  |
|----------------------|--|--|
|                      | <p>La planta de higuera es una especie introducida y se caracteriza por su rusticidad y adaptabilidad a diversas condiciones topográficas y climatológicas, crece comúnmente en regiones áridas, con suelos arenosos y es conocida por la población rural como una maleza sin importancia económica (Sánchez, Castañeda, &amp; Castañeda, 2016).</p> |  |

Fuente. Equipo investigador

## Composición Florística

De manera relevante, se hallaron 54 especies que pertenecen a 42 géneros y 32 familias botánicas sobresaliendo la Faboaceae y la Melastomataceae (Tabla 43).

**Tabla 43.** Riqueza Florística de especies forestales en 15 predios del municipio de La Playa de Belén,

| Lista de especies      | Género     | Familia    | Nombre común    |
|------------------------|------------|------------|-----------------|
| 54                     | 42         | 32         |                 |
| Acacia angustissima    | Acacia     | Fabaceae   | Talallito       |
| Albizia sp.            | Albizia    | Fabaceae   | Albizia         |
| Annona muricata        | Annona     | Annonaceae | Guanábano       |
| Baccharis pedunculata  | Baccharis  | Asteraceae | Romerillo       |
| Baccharis trinervis    | Baccharis  | Asteraceae | Pajarito        |
| Boehmeria caudata      | Boehmeria  | Urticaceae | Pringamoza      |
| Calliandra sp.         | Calliandra | Fabaceae   | Clavellino      |
| Calycolpus moritzianus | Calycolpus | Myrtaceae  | Guayabo arrayán |
| Carica papaya          | Carica     | Caricaceae | Papayo          |
| Cecropia sp.           | Cecropia   | Urticaceae | Guarumo         |
| Cedrela cf. odorata    | Cedrela    | Meliáceas  | Cedro rojo      |
| Citrus × limon         | Citrus     | Rutaceae   | Límón           |
| Citrus sinensis        | Citrus     | Rutaceae   | Naranja         |
| Clibadium surinamense  | Clibadium  | Asteraceae | Santa María     |
| Clusia cf. Inesiana    | Clusia     | Clusiaceae | Rampacho blanco |
| Clusia schomburgkiana  | Clusia     | Clusiaceae | Rampacho de río |
| Conyza sp.             | Conyza     | Asteraceae | Benadita        |

| <b>Lista de especies</b>                     | <b>Género</b>            | <b>Familia</b>  | <b>Nombre común</b>  |
|--|--------------------------|-----------------|----------------------|
| <b>54</b>                                    | <b>42</b>                | <b>32</b>       |                      |
| <i>Crotalaria incana</i>                     | <i>Crotalaria</i>        | Fabaceae        | Maraquita            |
| <i>Croton ferrugineus</i>                    | <i>Croton</i>            | Euphorbiaceae   | Mosquera             |
| <i>Erybothria japonica</i>                   | <i>Erybothria</i>        | Rosaceae        | Ciruelo              |
| <i>Erythrina cf. fusca</i>                   | <i>Erythrina</i>         | Fabaceae        | Barbatusco           |
| <i>Ficus cf. Americana</i>                   | <i>Ficus</i>             | Moraceae        | Uvito                |
| <i>Ficus cf. macbridei</i>                   | <i>Ficus</i>             | Moraceae        | Cerote               |
| <i>Heliocarpus americanus</i>                | <i>Heliocarpus</i>       | Malvaceae       | Mojaguillo           |
| <i>Inga cf. velutina</i>                     | <i>Inga</i>              | Fabaceae        | Balso                |
| <i>Inga cf. sapindoides</i>                  | <i>Inga</i>              | Fabaceae        | Guamo                |
| <i>Inga psittacorum</i>                      | <i>Inga</i>              | Fabaceae        | Guamo                |
| <i>Jacaranda caucana</i>                     | <i>Jacaranda</i>         | Bignoniaceae    | Gualanday            |
| <i>Lantana camara</i>                        | <i>Lantana</i>           | Verbenaceae     | Uvito negro          |
| <i>Leucaena leucocephala</i>                 | <i>Leucaena</i>          | Fabaceae        | Leucaena, guaje      |
| <i>Mangifera indica</i>                      | <i>Mangifera</i>         | Anacardiaceae   | Mango                |
| <i>Mauria heterophylla</i>                   | <i>Mauria</i>            | Anacardiaceae   | Sarno                |
| <i>Miconia acuminata</i>                     | <i>Miconia</i>           | Melastomataceae | Cojonsito            |
| <i>Miconia cf. Rufescens</i>                 | <i>Miconia</i>           | Melastomataceae | Cojón                |
| <i>Miconia rubiginosa</i>                    | <i>Miconia</i>           | Melastomataceae | Paralejo             |
| <i>Miconia rufula</i>                        | <i>Miconia</i>           | Melastomataceae | Peraleja             |
| <i>Mimosa pudica</i>                         | <i>Mimosa</i>            | Fabaceae        | Dormidera            |
| <i>Myrsine cf. Pellucida</i>                 | <i>Myrsine</i>           | Myrsinaceae     | Mantequillo          |
| <i>Myrsine coriacea</i>                      | <i>Myrsine</i>           | Primulaceae     | Mantequillo blanco   |
| <i>Oreopanax cf. Pallidum</i>                | <i>Oreopanax</i>         | Araliaceae      | Guitarro             |
| <i>Palicourea rigida</i>                     | <i>Palicourea</i>        | Rubiaceae       |                      |
| <i>Persea americana</i>                      | <i>Persea</i>            | Lauraceae       | Aguacate             |
| <i>Persea caerulea</i>                       | <i>Persea</i>            | Lauraceae       | Cuco                 |
| <i>Piper aduncum</i>                         | <i>Piper</i>             | Piperaceae      | Cordonsillo          |
| <i>Pseudopiptocarpha cf. garcia-barrigae</i> | <i>Pseudopiptocarpha</i> | Asteráceas      | Negrilo              |
| <i>Psidium guajava</i>                       | <i>Psidium</i>           | Myrtaceae       | Guayabo              |
| <i>Psidium sp.</i>                           | <i>Psidium</i>           | Myrtaceae       | Guayabo agrio        |
| <i>Ricinus communis</i>                      | <i>Ricinus</i>           | Euphorbiaceae   | Tártago, higuierilla |
| <i>Senna sp.</i>                             | <i>Senna</i>             | Fabaceae        | Frijolito            |
| <i>Syzygium jambos</i>                       | <i>Syzygium</i>          | Myrtaceae       | Pumarrosa            |
| <i>Tessaria integrifolia</i>                 | <i>Tessaria</i>          | Asteraceae      | Aliso                |
| <i>Trema micrantha</i>                       | <i>Trema</i>             | Cannabaceae     | Guásimo              |

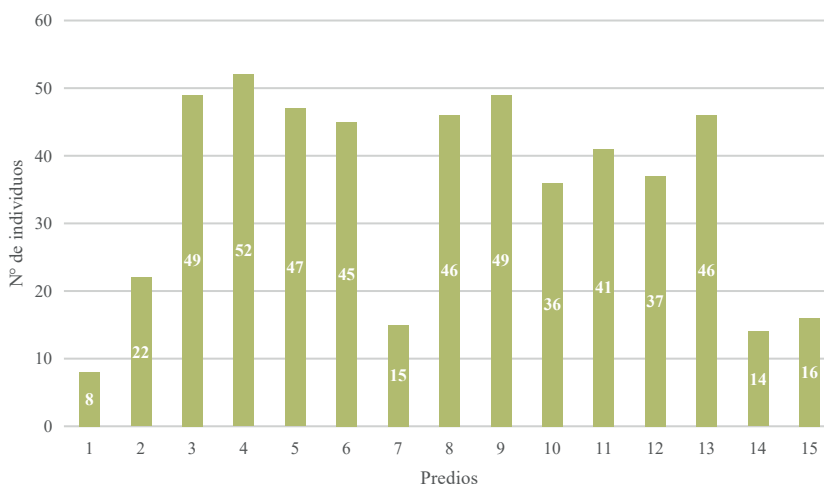
| Lista de especies     | Género   | Familia        | Nombre común |
|-----------------------|----------|----------------|--------------|
| 54                    | 42       | 32             |              |
| Viburnum pichinchense | Viburnum | Caprifoliaceae | Guarroncho   |
| Vismia baccifera      | Vismia   | Hypericaceae   | Papamo       |

Fuente. Equipo investigador

El número de especies, géneros y familias de la riqueza florística es bajo en relación a estudios similares efectuados en bosques premontanos. La familia Fabaceae se encuentra dentro de las más representativas, sin embargo, se evidencian cambios en el uso del suelo inclinándose por actividades forestales y agropecuarias. En el municipio se observó árboles dispersos y/o agrupados en los potreros de acuerdo a la necesidad local. Otras áreas se encontraron en reposo y se encuentran colonizadas por la especie *Pteridium aquilinu*.

En relación a la abundancia, se pudieron identificar 523 individuos con una media de 34,8 árboles por finca y una desviación estándar superior a 15 y coeficiente de variación del 44%. El predio con mayor número de individuos fue San Agustín con 52 y el de menor Carrizal con 8 (Figura 30).

**Figura 30.** Distribución de la abundancia en los 15 predios del municipio de La Playa de Belén.

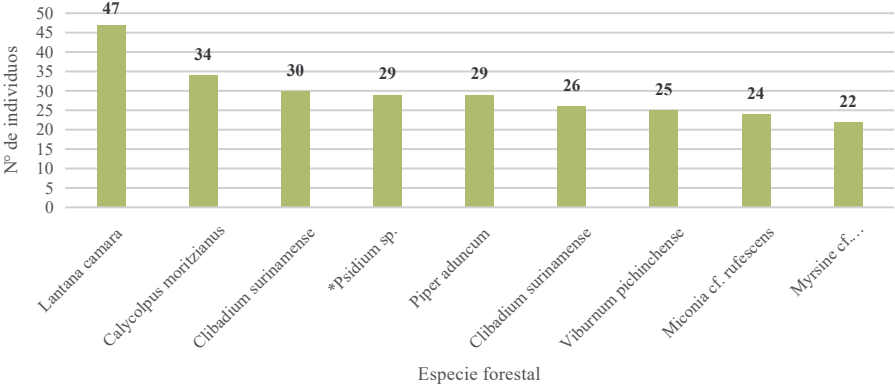


1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En adición a lo anterior, se encontró que la especie más abundante fue *Lantana camara* (uvito negro) con 47 individuos (8,98%), seguida de *Calycolpus moritzianus* (Guayabo arrayán) con n=34 (6,5%) y *Baccharis trinervis* (pajarito) con n=32 (6,11%) (Figura 31).

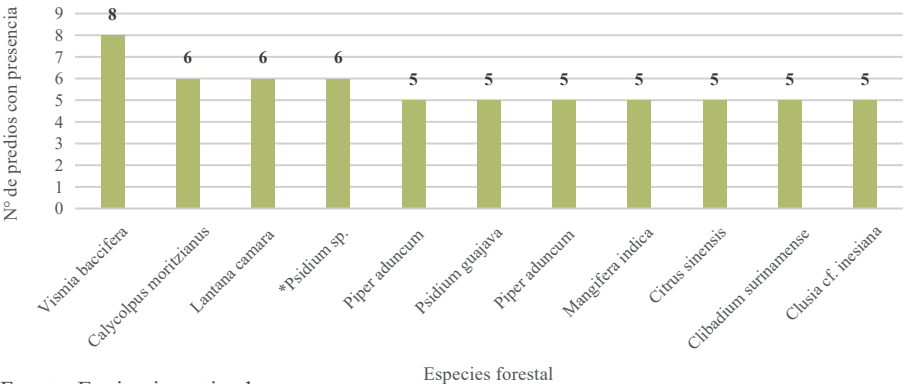
**Figura 31.** Especies Forestales más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén.



Fuente. Equipo investigador

En el presente estudio, *Vismia baccifera* fue se identificó en 8 de los 15 predios estudiados mientras que las especies *Calycolpus moritzianus*, *Psidium sp.*, *Myrsine cf. Pellucida*, *Lantana cámara*, *H. americanus* y *C. reticulata* sólo se identificaron en un total de 6 (Figura 32).

**Figura 32.** Distribución de las especies más abundantes en 15 predios del Municipio de La Playa de Belén.



Fuente. Equipo investigador

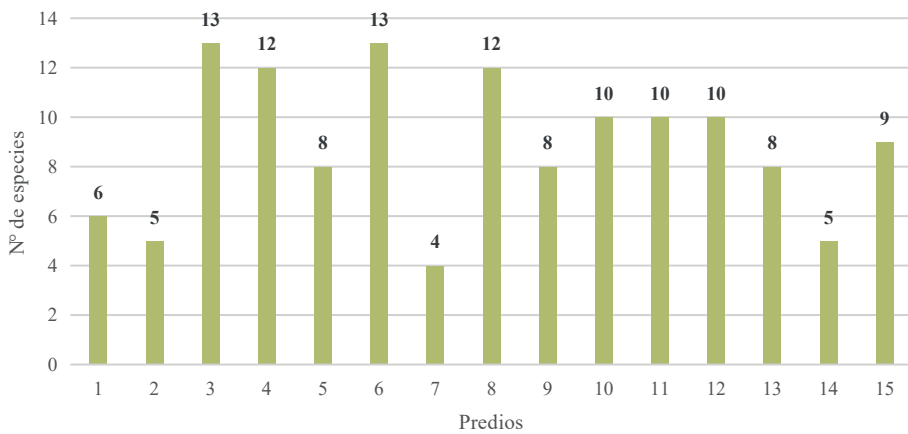


Es digno de mencionar que 13 especies estuvieron representadas por tan solo un individuo ( $n=1$ ).

### Riqueza y Diversidad

La riqueza específica fue de 13 especies con un valor medio de 8,86, desviación estándar de 2,94. El rango de especies estuvo contemplado entre 4 y 13 individuos (Figura 33).

**Figura 33.** Riqueza Específica en 15 predios del municipio de La Playa de Belén.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

Se encontraron predios con menor y riqueza, lo que podría significar menor dominancia, más equidad y mayor diversidad. Por ende, los anteriores hallazgos motivaron un análisis adicional a los índices de diversidad tanto en el municipio en su conjunto como dentro de cada predio.

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 3,47, diversidad de Margalef 3,35 y dominancia de Simpson 0,04, indicando diversidad moderada y dominancia baja (Medrano, 2017). Los resultados generales son presentados en la Tabla 43.

Sin embargo, en el análisis de cada finca se encontró que el predio El Limón obtuvo el mayor valor de dominancia y menores valores de equidad de Shannon y diversidad de Margalef, lo cual es reflejado por su baja riqueza y abundancia ( $S=2$ ;  $n=10$ ). A su vez, el predio El Placer obtuvo el mayor índice de diversidad de especies de Margalef, con el máximo valor de riqueza ( $S=13$ ) y un número de individuos ( $n=49$ ) superior al valor medio de abundancia. Por su parte, el predio Los Pumarrosos presentó mayor índice de equidad de Shannon ( $H'$ ) (Tabla 44).

Al analizar cada predio de manera independiente, los indicadores de Shannon y Margalef se reducen mientras que la dominancia incrementa indicando que la diversidad de cada predio es inferior a la del municipio. Esto concuerda con lo expresado por Morales et al., (2015), quienes mencionan que los indicadores de Shannon y Simpson son más sensibles a la presencia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Morales-Salazar et al., 2015).

**Tabla 44.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén

*Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La playa, Norte de Santander.*

|   |       |
|---|-------|
| Abundancia (N)                                  | 523   |
| Equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )              | 3,47  |
| Riqueza Específica (S)                          | 22    |
| Diversidad de Especies de Margalef ( $D_{Mg}$ ) | 3,35  |
| Dominancia (Simpson)                            | 0,040 |

Fuente. Equipo investigador

En adición a lo establecido, se analizó la distribución de los datos de abundancia, riqueza y biodiversidad mediante estadística descriptiva en el programa Minitab18 y se encontró que la variable abundancia presentó el mayor coeficiente de asimetría positiva ( $A_s=1,07$ ) con mayor concentración de datos hacia el límite inferior de la distribución, lo cual indica que una proporción considerable de los predios del municipio de La Playa presentó pocos individuos, en tanto que en la cola derecha de la distribución se ubican los predios que obtuvieron alta abundancia. Lo anterior se refuerza con el hecho que 9 predios (60%) presentaron abundancia menor al promedio.

**Tabla 45.** Índices de biodiversidad y estructura de comunidad para 15 predios del municipio de La Playa de Belén.

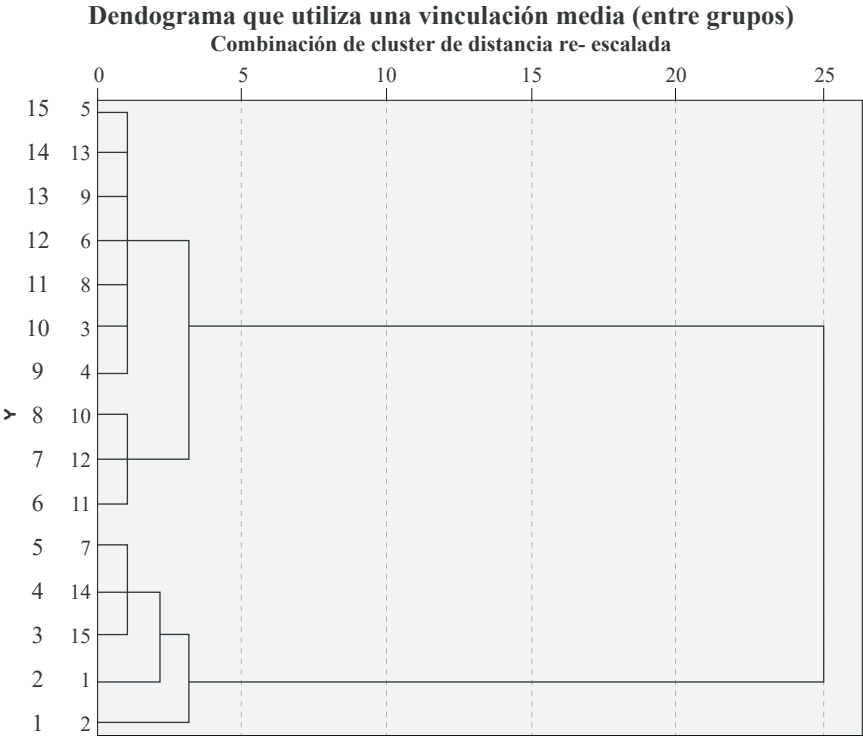
| Predios  | Abundancia (N) | Riqueza Específica(S) | Diversidad Margalef (DMg) | Equidad (Shanon-Wiener) | Dominancia  |
|----------|----------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
| 1        | 8              | 6                     | 2,40                      | 1,73                    | 0,18        |
| 2        | 22             | 5                     | 1,29                      | 1,19                    | 0,22        |
| 3        | 49             | 13                    | 3,08                      | 2,38                    | 0,10        |
| 4        | 52             | 12                    | 2,78                      | 2,07                    | 0,14        |
| 5        | 47             | 8                     | 1,81                      | 1,61                    | 0,16        |
| 6        | 45             | 13                    | 3,15                      | 2,04                    | 0,13        |
| 7        | 15             | 4                     | 1,1                       | 0,72                    | 0,65        |
| 8        | 46             | 12                    | 2,87                      | 2,20                    | 0,10        |
| 9        | 49             | 8                     | 1,79                      | 1,78                    | 0,19        |
| 10       | 36             | 10                    | 2,51                      | 1,77                    | 0,15        |
| 11       | 41             | 10                    | 2,42                      | 1,87                    | 0,14        |
| 12       | 37             | 10                    | 2,49                      | 2,05                    | 0,14        |
| 13       | 46             | 8                     | 1,82                      | 1,82                    | 0,16        |
| 14       | 14             | 5                     | 1,5                       | 1,47                    | 0,25        |
| 15       | 16             | 9                     | 2,88                      | 1,78                    | 0,13        |
| Promedio | <b>34,86</b>   | <b>8,86</b>           | <b>2,26</b>               | <b>1,76</b>             | <b>0,19</b> |
| DE.      | <b>15,37</b>   | <b>2,94</b>           | <b>0,66</b>               | <b>0,41</b>             | <b>0,13</b> |

1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

En el diagrama conglomerados para los 15 predios del municipio de La Playa, se puede evidenciar que el predio El Porvenir (2), no tienen similitud con los demás predios del municipio, contando con una abundancia de 22 individuos, riqueza de 15, diversidad de 1,29, equidad de 1,19 y dominancia de 0,22 (Figura 34).

**Figura 34.** Diagrama de conglomerados para inventario forestal municipio de La Playa de Belén.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

El municipio de La Playa de Belén, se extiende en un ecosistema de bosque seco premontano, que ha sido fuertemente modificado por los habitantes de la región, lo cual ha llevado a la transformación de las características de este tipo de bosque y a la reducción de su vegetación nativa a pequeñas arboledas, lo que podría acarrear diferentes problemas a largo plazo,

como los presentados en Cantón de Mora, Costa Rica, en donde debido a la deforestación; la fertilidad de los suelos y el caudal de los afluentes hídricos en época de verano han disminuido (Foumier & Herrera , 1985), consecuencias que se evidenciaron en las zonas del proyecto.

El paisaje general de esta región, está compuesto de laderas con alto grado de transformación, donde predomina el tipo de vegetación arbustal, asociada a arboles aislados o conjuntos de elementos de bajo porte, destacándose los subarbustos de menos de 2m de altos que representan el 24.8% del total de los individuos, seguido de los arbustos entre 2 y 4.5m de altos, que cuentan con el 28.6%, la vegetación arbustiva representa un porcentaje de 53,4% y los árboles entre 5 y 7 m de altos contaron con el 24,8% de los individuos; el 10.5% está representado por arboles entre 8 y 10m; a medida que aumenta la altitud de estos individuos, los porcentajes disminuyen paulatinamente, de tal manera que aunque se registraron árboles hasta de 25m de alto, los que estuvieron por encima de 10m, solo comprendieron el 11,3%, distribuidos de esta manera, arboles entre 11 y 13m representan el 5.3%, de 15 m cuenta con el 3.8%, los árboles de 20m corresponden a un porcentaje de 1,5% y de 25m solo se registró un individuo, *Ficus cf. macbridei*, uno de los géneros de mayor porte en las selvas neotropicales, al igual que especies de *Erythrina*, *Cecropia* e *Inga* que reporta alturas entre 15 y 30m, como lo reportado por Cuatrecasas, quien describe los aspectos generales de la vegetación de Colombia (Cuatrecasas , 2017).

El estudio realizado por (Ariza Cortés, Toro, & Lores, 2009) en el municipio de Amalfi, Antioquia registra que las especies arbóreas tienden a escasear y representan el 36% de los censado, fenómeno que se ve en el municipio de la Playa de Belén el cual cuenta con muy poca abundancia y variedad de especies; teniendo en cuenta que el paisaje de los dos estudios se caracterizó por zonas de rastrojos y potreros, la Playa solo alcanzo el 25% de especies leñosa inferiores a un DAP 2.5 cm.

Las 56 especies halladas, se distribuyen en 43 géneros y 22 familias, Fabaceae es una de las familias más importante en bosques neotropicales, bosques tropicales y subandinos, esta es la familia con la mayor riqueza en las áreas de influencia del proyecto, contando con 11 especies, agrupadas en 9 géneros; en el segundo lugar se encuentra Asteraceae con 6 especies, Myrtaceae cuenta con 3 especies.

Bignoniaceae es una de las familias que cuenta con el menor número de individuos, esta se encuentra en bosques secos neotropicales y domina las especies arbóreas tanto de bosques secos como húmedos (Gentry, 1995). Aunque los bosques tropicales son considerados de alta riqueza florística, existen diferencias significativas en cuanto a diversidad, entre los diferentes bosques neotropicales, particularmente en lo que respecta a los bosques secos. Una diferencia importante en la diversidad en familias, ocurre con la segunda familia más rica en especies, Asteraceae que usualmente no es abundante en bosques subandinos, lo que puede indicar que la abundancia de especies de esta familia, es más de subarbustos o arbustos, por lo que esta puede ser la vegetación dominante.

Las especies cultivadas comercialmente, como el naranjo (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), pumarroso (*Syzygium jambos*), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*), ciruelo (*Eryobotrya japonica*) y papayo (*Carica papaya*), son individuos introducidos por los agricultores, debido al aprovechamiento de sus frutos; otras especies introducidas son los arbustos *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) y tártago (*Ricinus communis*), que se han constituido en invasoras y que crecen en zonas abiertas; con excepción de estas especies, los demás individuos reportados son nativos, varios de estos registran los mayores número de representantes, ubicando los subarbustos como la especie más abundante y colonizadora de la zona, en los que se incluyen las especies *Lantana camara*, *Baccharis trinervis* y *Clibadium surinamense*, además de los árboles con menos de 10 metros de altura, las especies correspondientes a individuos sucesionales de estadios intermedios, cuentan con un gran número de individuos, de los cuales se destacan *Pseudopiptocarpha* cf. *garcia*, *Viburnum tinoides*, *Myrsine coriacea* y *Piper* sp. Únicamente las especies de mayor porte, como *Oreopanax* cf. *pallidum*, *Erythrina* cf. *fusca*, *Ficus* cf. *americana*, *Clusia* cf. *inesiana* y las especies de guamo *Inga psittacorum* y *Inga* cf. *velutina*, pertenecen a bosques secundarios tardíos, con mayor desarrollo estructural por su tamaño, grosor copa y asociaciones con epifitas y lianas.

## Validación de modelos agroecológicos: ambiental y agroecológica

### Efecto de los modelos agroecológicos sobre las propiedades físico químicas del agua

La influencia de la implementación del modelo agroecológico 1 sobre la calidad físico química del agua, presentó diferencia estadísticamente significativa, en las variables de amonio y sulfatos en donde se presentó un aumento luego del establecimiento, mientras que en las variables hierro, cobre, zinc, boro y pH, hubo descenso con la implementación del modelo agroecológico (Tabla 46).

**Tabla 46.** Comparación de las características físico químicas del agua antes y después de la implementación del modelo agroecológico 1.

|              | Media antes | Media después | t      | Significancia |
|--------------|-------------|---------------|--------|---------------|
| Sodio        | ,5350       | ,6690         | -,542  | ,594          |
| Potasio      | ,0690       | ,0670         | ,103   | ,919          |
| Calcio       | ,3540       | ,4480         | -,537  | ,598          |
| Magnesio     | ,2900       | ,3310         | -,265  | ,794          |
| Amonio       | ,0310       | ,0680         | -4,670 | ,000          |
| Scationes    | 1,2790      | 1,5830        | -,516  | ,612          |
| Cloruros     | ,6160       | ,2500         | 1,552  | ,138          |
| Sulfatos     | ,0940       | ,2420         | -3,004 | ,008          |
| Carbonatos   | ,0500       | ,0450         | 1,000  | ,331          |
| Bicarbonatos | ,5200       | ,8720         | -1,403 | ,178          |
| Nitratos     | ,0039       | ,0389         | -2,018 | ,059          |
| Fosfatos     | ,2860       | ,3350         | -1,630 | ,120          |
| Saniones     | 1,5680      | 1,7880        | -,485  | ,634          |
| Hierro       | 1,4100      | ,3380         | 2,219  | ,040          |
| Manganeso    | ,2570       | ,2930         | -,270  | ,791          |
| Cobre        | ,0260       | ,0100         | 4,311  | ,000          |
| Zinc         | ,2940       | ,0100         | 3,275  | ,004          |
| Boro         | ,1810       | ,0630         | 2,961  | ,008          |
| Dureza       | 32,3000     | 48,9000       | -,927  | ,366          |
| pH           | 7,8770      | 7,4280        | 4,522  | ,000          |
| CE           | ,1620       | ,1290         | ,503   | ,621          |
| RAS          | ,9480       | 1,0590        | -,611  | ,549          |

Fuente. Equipo investigador

La influencia de la implementación del modelo agroecológico 2 sobre la calidad físico química del agua, presentó diferencia estadísticamente significativa, en la variable de bicarbonato se presentó un aumento luego del establecimiento, mientras que en las variables manganeso, cobre, zinc y boro, hubo descenso con la implementación del modelo agroecológico (Tabla 47).

**Tabla 47.** Comparación de las características físico químicas del agua antes y después de la implementación del modelo agroecológico 2.

|              | Media antes | Media después | t      | Significancia |
|--------------|-------------|---------------|--------|---------------|
| Sodio        | ,4090       | ,7640         | -1,908 | ,072          |
| Potasio      | ,0710       | ,1150         | -1,363 | ,190          |
| Calcio       | ,4370       | ,8040         | -1,800 | ,089          |
| Magnesio     | ,4010       | ,7510         | -1,226 | ,236          |
| Amonio       | ,0300       | ,1720         | -1,404 | ,177          |
| Scationes    | 1,3480      | 2,6170        | -2,093 | ,051          |
| Cloruros     | ,3280       | ,2570         | 1,070  | ,299          |
| Sulfatos     | ,0860       | ,1350         | -,758  | ,458          |
| Carbonatos   | ,0500       | ,0500         | ,000   | 1,000         |
| Bicarbonatos | ,7650       | 1,7820        | -2,175 | ,043          |
| Nitratos     | ,0037       | ,0074         | -1,440 | ,167          |
| Fosfatos     | ,2470       | ,2320         | ,383   | ,706          |
| Saniones     | 1,4773      | 2,4690        | -1,881 | ,076          |
| Hierro       | 12,7620     | ,4660         | 1,071  | ,298          |
| Manganeso    | ,1630       | ,5190         | -2,258 | ,037          |
| Cobre        | ,0220       | ,0100         | 2,882  | ,010          |
| Zinc         | ,2960       | ,0110         | 3,260  | ,004          |
| Boro         | ,1960       | ,0610         | 2,443  | ,025          |
| Dureza       | 42,3000     | 78,3000       | -1,555 | ,137          |
| pH           | 7,5790      | 7,4470        | ,675   | ,508          |
| CE           | ,1550       | ,2180         | -1,202 | ,245          |
| RAS          | ,7690       | ,9670         | -1,062 | ,302          |

Fuente. Equipo investigador

La influencia de la implementación del modelo agroecológico 3 sobre la calidad físico química del agua, presentó diferencia estadísticamente significativa, en las variables hierro, cobre, zinc y boro, donde hubo descenso en la concentración con la implementación del modelo agroecológico (Tabla 48).



**Tabla 48.** Comparación de las características físico químicas del agua antes y después de la implementación del modelo agroecológico 3.

|              | <b>Media antes</b> | <b>Media después</b> | <b>t</b> | <b>Significancia</b> |
|--------------|--------------------|----------------------|----------|----------------------|
| Sodio        | ,6490              | ,8850                | -,836    | ,414                 |
| Potasio      | ,0930              | ,1410                | -,710    | ,487                 |
| Calcio       | ,3780              | ,5010                | -,623    | ,541                 |
| Magnesio     | ,3220              | ,4740                | -,802    | ,433                 |
| Amonio       | ,0400              | ,1480                | -1,531   | ,143                 |
| Scationes    | 1,4820             | 2,1490               | -,964    | ,348                 |
| Cloruros     | ,4560              | ,3100                | ,978     | ,341                 |
| Sulfatos     | ,3390              | ,5160                | -,689    | ,500                 |
| Carbonatos   | ,0500              | ,0500                | ,000     | 1,000                |
| Bicarbonatos | ,6190              | ,7820                | -,696    | ,495                 |
| Nitratos     | ,0087              | ,2618                | -,995    | ,333                 |
| Fosfatos     | ,2850              | ,2730                | ,258     | ,799                 |
| Saniones     | 1,7564             | 2,2110               | -,679    | ,506                 |
| Hierro       | 1,2620             | ,0210                | 4,309    | ,000                 |
| Manganeso    | ,1610              | ,2900                | -2,088   | ,051                 |
| Cobre        | ,0230              | ,0100                | 3,545    | ,002                 |
| Zinc         | ,2480              | ,0150                | 2,712    | ,014                 |
| Boro         | ,1930              | ,0630                | 2,526    | ,021                 |
| Dureza       | 35,5000            | 48,9000              | -,696    | ,495                 |
| pH           | 7,5820             | 7,3920               | ,818     | ,424                 |
| CE           | ,1780              | ,1810                | -,041    | ,968                 |
| RAS          | 1,0990             | 1,2620               | -,859    | ,401                 |

Fuente. Equipo investigador

## **Efecto de los modelos agroecológicos sobre las propiedades agroquímicas del suelo**

**Modelo agroecológico 1: Forestal – Aguacate – Frijol** Es importante destacar que las variables agroquímicas presentaron variabilidad espacial muy alta y alto valor del coeficiente de variación (CV) observado para cada una de las variables químicas de los suelos. Para las variables de potasio, C.I.C., cloruros, hierro, materia orgánica, carbono orgánico y densidad presentaron una variabilidad media (CV 12% a 60%), mientras que las

demás variables presentaron variabilidad alta con un CV por encima del 60% (Tabla 49).

**Tabla 49.** Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 1 de La Playa de Belén.

| Estadísticos descriptivos |        |        |          |            |        |
|---------------------------|--------|--------|----------|------------|--------|
|                           | Mínimo | Máximo | Media    | Desv. típ. | CV(%)  |
| Potasio (meq / 100 cc)    | ,27    | ,82    | ,4780    | ,17618     | 36,86  |
| Calcio (meq / 100 cc)     | ,76    | 12,17  | 4,0780   | 3,77754    | 92,63  |
| Magnesio (meq / 100 cc)   | ,43    | 3,65   | 1,5160   | 1,17065    | 77,22  |
| Sodio (meq / L)           | ,19    | 1,75   | ,5630    | ,46840     | 83,20  |
| Aluminio (meq / 100 cc)   | ,00    | 3,90   | 1,3300   | 1,33920    | 100,69 |
| C.I.C (meq / 100 g)       | 4,55   | 26,82  | 15,8290  | 7,15586    | 45,21  |
| Cloruros (meq / 100L)     | ,40    | 1,28   | ,5900    | ,26721     | 45,29  |
| Fosforos ppm              | 2,00   | 350,00 | 77,8000  | 128,79941  | 165,55 |
| N - NH <sub>4</sub> ppm   | 8,00   | 66,00  | 24,6000  | 20,57615   | 83,64  |
| N-NO <sub>3</sub> ppm     | 5,00   | 160,00 | 38,0000  | 47,91196   | 126,08 |
| Azufre ppm                | 1,00   | 51,00  | 7,8000   | 15,44021   | 197,95 |
| Hierro ppm                | 47,00  | 229,00 | 141,6000 | 60,23878   | 42,54  |
| Manganeso (ppm)           | 9,00   | 452,00 | 108,4000 | 150,18226  | 138,54 |
| Cobre (ppm)               | ,10    | 3,00   | ,9200    | 1,07889    | 117,27 |
| Zinc (ppm)                | ,10    | 17,30  | 4,7200   | 7,09958    | 150,41 |
| Boro (ppm)                | ,05    | ,28    | ,1060    | ,08343     | 78,71  |
| pH                        | 4,54   | 6,78   | 5,2840   | 1,02284    | 19,36  |
| C.E. m.S/cm               | ,13    | 1,02   | ,3480    | ,27129     | 77,96  |
| M. Orgánica %             | 2,33   | 5,26   | 3,3470   | ,92532     | 27,65  |
| C.O. %                    | 1,35   | 3,05   | 1,9420   | ,53709     | 27,66  |
| Sat. % Bases %            | 8,66   | 169,74 | 60,5790  | 65,51123   | 108,14 |
| Densidad A. (g/cc)        | 1,07   | 1,52   | 1,2430   | ,17588     | 17,95  |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las variables agroquímicas del suelo de la parcela experimental y la parcela testigo, se encontró una variabilidad media para potasio, C.I.C., cloruros, hierro, pH, materia orgánica, carbono orgánico y densidad con CV entre 12% y 60%, mientras que las demás variables presentaron variabilidad alta para las dos parcelas (Tabla 50).

**Tabla 50.** Estadística descriptiva de las variables agroquímicas por parcela del modelo 1 de la Playa de Belén.

|                                | <b>Tratamiento</b>   | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |
|--------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <b>Potasio (meq / 100 cc)</b>  | Parcela Experimental | ,4780        | ,22320                   | 46,69                                |
|                                | Parcela Testigol     | ,4780        | ,14149                   | 29,60                                |
| <b>Calcio (meq / 100 cc)</b>   | Parcela Experimental | 3,6000       | 3,18805                  | 88,56                                |
|                                | Parcela Testigol     | 4,5560       | 4,62302                  | 101,47                               |
| <b>Calcio (meq / 100 cc)</b>   | Parcela Experimental | 1,4300       | 1,19869                  | 79,65                                |
|                                | Parcela Testigol     | 1,6020       | 1,27598                  | 92,97                                |
| <b>Sodio (meq / L)</b>         | Parcela Experimental | ,6780        | ,63037                   | 92,97                                |
|                                | Parcela Testigol     | ,4480        | ,25144                   | 56,13                                |
| <b>Aluminio (meq / 100 cc)</b> | Parcela Experimental | 1,3000       | 1,17898                  | 90,69                                |
|                                | Parcela Testigol     | 1,3600       | 1,62573                  | 119,54                               |
| <b>C.I.C (meq / 100 cc)</b>    | Parcela Experimental | 16,1800      | 6,19038                  | 38,26                                |
|                                | Parcela Testigol     | 15,4780      | 8,75130                  | 56,54                                |
| <b>Cloruros (meq / 100 cc)</b> | Parcela Experimental | ,7240        | ,33598                   | 46,41                                |
|                                | Parcela Testigol     | ,4560        | ,05367                   | 11,77                                |
| <b>Fosforos ppm</b>            | Parcela Experimental | 85,6000      | 149,78418                | 174,98                               |
|                                | Parcela Testigol     | 70,0000      | 121,40222                | 173,43                               |
| <b>Fosforos ppm</b>            | Parcela Experimental | 30,8000      | 27,07767                 | 87,91                                |
|                                | Parcela Testigol     | 18,4000      | 11,10405                 | 60,35                                |

|                             | <b>Tratamiento</b>   | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |
|-----------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <b>N-NO<sub>3</sub> ppm</b> | Parcela Experimental | 52,0000      | 64,47868                 | 124,00                               |
|                             | Parcela Testigol     | 24,0000      | 22,74863                 | 94,79                                |
| <b>Azufre ppm</b>           | Parcela Experimental | 12,2000      | 21,84491                 | 179,06                               |
|                             | Parcela Testigol     | 3,4000       | 3,28634                  | 96,66                                |
| <b>Azufre ppm</b>           | Parcela Experimental | 150,4000     | 51,80058                 | 34,44                                |
|                             | Parcela Testigol     | 132,8000     | 72,71657                 | 54,76                                |
| <b>Manganeso (ppm)</b>      | Parcela Experimental | 92,6000      | 125,18506                | 135,19                               |
|                             | Parcela Testigol     | 124,2000     | 185,61439                | 149,45                               |
| <b>Cobre (ppm)</b>          | Parcela Experimental | 1,0400       | 1,02859                  | 98,90                                |
|                             | Parcela Testigol     | ,8000        | 1,23491                  | 154,36                               |
| <b>Zinc (ppm)</b>           | Parcela Experimental | 5,3000       | 7,71492                  | 145,56                               |
|                             | Parcela Testigol     | 4,1400       | 7,28341                  | 175,93                               |
| <b>Zinc (ppm)</b>           | Parcela Experimental | ,1260        | ,10784                   | 85,59                                |
|                             | Parcela Testigol     | ,0860        | ,05505                   | 64,01                                |
| <b>pH</b>                   | Parcela Experimental | 5,1300       | ,93854                   | 18,30                                |
|                             | Parcela Testigol     | 5,4380       | 1,18904                  | 21,87                                |
| <b>C.E. m.S/cm</b>          | Parcela Experimental | ,4220        | ,36833                   | 87,28                                |
|                             | Parcela Testigol     | ,2740        | ,12740                   | 46,50                                |
| <b>M. Orgánica %</b>        | Parcela Experimental | 3,4180       | ,72575                   | 21,23                                |
|                             | Parcela Testigol     | 3,2760       | 1,17779                  | 35,95                                |

|                           | Tratamiento          | Media   | Desviación típica | Coefficiente de Variación (%) |
|---------------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------------------------|
| <b>C.O. %</b>             | Parcela Experimental | 1,9840  | ,42158            | 21,25                         |
|                           | Parcela Testigol     | 1,9000  | ,68330            | 35,96                         |
| <b>C.O. %</b>             | Parcela Experimental | 52,2860 | 61,86324          | 118,32                        |
|                           | Parcela Testigol     | 68,8720 | 75,21554          | 109,21                        |
| <b>Densidad A. (g/cc)</b> | Parcela Experimental | 1,1920  | ,15659            | 13,14                         |
|                           | Parcela Testigol     | 1,2940  | ,19642            | 15,18                         |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las medias de las variables agroquímicas de la parcela testigo y la parcela agroecológica en el modelo 1, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 51).

**Tabla 51.** Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 1 de La Playa de Belén.

| Variable agroquímica del suelo | Media Parcela Experimental | Media Parcela Testigo | Valor de t | Significación bilateral |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
| Potasio (meq / 100 cc)         | ,6100                      | ,7600                 | -,533      | ,609                    |
| Calcio (meq / 100 cc)          | 8,2580                     | 10,8200               | -,605      | ,562                    |
| Magnesio (meq / 100 cc)        | 1,3460                     | 1,5360                | -,368      | ,722                    |
| Sodio (meq / L)                | ,1620                      | ,1820                 | -,260      | ,802                    |
| Aluminio (meq / 100 cc)        | ,4060                      | ,7260                 | -,617      | ,554                    |
| C.I.C (meq / 100 g)            | 14,2400                    | 16,5620               | -,753      | ,473                    |
| Cloruros (meq / 100L)          | ,6460                      | 3,5520                | -1,199     | ,265                    |
| Fosforos ppm                   | 79,2000                    | 69,6000               | ,226       | ,827                    |
| N - NH <sub>4</sub> ppm        | 17,4000                    | 22,6000               | -,547      | ,599                    |
| N-NO <sub>3</sub> ppm          | 53,0000                    | 69,0000               | -,511      | ,623                    |
| Azufre ppm                     | 4,8000                     | 9,2000                | -,681      | ,515                    |
| Hierro ppm                     | 627,4000                   | 624,6000              | ,009       | ,993                    |

| Variable agroquímica del suelo | Media Parcela Experimental | Media Parcela Testigo | Valor de t | Significación bilateral |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
| Manganeso (ppm)                | 58,8000                    | 65,4000               | -,127      | ,902                    |
| Cobre (ppm)                    | ,1000                      | ,1200                 | -1,000     | ,347                    |
| Zinc (ppm)                     | 8,0000                     | 8,2600                | -,187      | ,857                    |
| Boro (ppm)                     | ,0760                      | ,0800                 | -,302      | ,771                    |
| pH                             | 5,5700                     | 4,5460                | 1,085      | ,310                    |
| C.E. m.S/cm                    | ,4380                      | ,5800                 | -,627      | ,548                    |
| M. Orgánica %                  | 5,9980                     | 8,2000                | -,662      | ,527                    |
| C.O. %                         | 3,4960                     | 4,7540                | -,650      | ,534                    |
| Sat. % Bases %                 | 72,6960                    | 97,6300               | -,640      | ,540                    |
| Densidad A. (g/cc)             | 1,1480                     | 1,0480                | ,829       | ,431                    |

Fuente. Equipo investigador

### Modelo agroecológico 2: Forestal – Aguacate – Maíz

Es importante destacar que los elementos agroquímicos del suelo, presentaron variabilidad espacial muy alta. Salvo el pH y la densidad la variabilidad fue baja con un CV por debajo de 12%, las variables de potasio, sodio, aluminio, cloruros, hierro y cobre, variabilidad media, mientras que las demás variables agroquímicas del suelo presentaron variabilidad alta con CV por encima del 60% (Tabla 52).

**Tabla 52.** Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 1 de La Playa de Belén.

| Estadísticos descriptivos |        |        |         |            |        |
|---------------------------|--------|--------|---------|------------|--------|
|                           | Mínimo | Máximo | Media   | Desv. típ. | CV(%)  |
| Potasio (meq / 100 cc)    | ,12    | ,56    | ,3180   | ,12408     | 39,02  |
| Calcio (meq / 100 cc)     | ,42    | 5,38   | 1,9670  | 1,78884    | 90,94  |
| Magnesio (meq / 100 cc)   | ,10    | 3,06   | ,9200   | ,90678     | 98,56  |
| Sodio (meq / L)           | ,13    | ,42    | ,2540   | ,10490     | 41,30  |
| Aluminio (meq / 100 cc)   | ,00    | 3,90   | 1,7000  | 1,33749    | 78,68  |
| C.I.C (meq / 100 g)       | 6,01   | 19,84  | 12,8200 | 4,36226    | 34,03  |
| Cloruros (meq / 100L)     | ,36    | 1,00   | ,4800   | ,18950     | 39,48  |
| Fósforos ppm              | 2,00   | 49,00  | 11,8000 | 14,06967   | 119,23 |
| N - NH <sub>4</sub> ppm   | 7,00   | 208,00 | 43,2000 | 60,16237   | 139,26 |

| Estadísticos descriptivos |        |        |         |            |        |
|---------------------------|--------|--------|---------|------------|--------|
|                           | Mínimo | Máximo | Media   | Desv. típ. | CV(%)  |
| N-NO <sub>3</sub> ppm     | 5,00   | 60,00  | 15,0000 | 17,32051   | 115,47 |
| Azufre ppm                | 1,00   | 13,00  | 3,4000  | 5,05964    | 148,81 |
| Hierro ppm                | 55,00  | 120,00 | 96,0000 | 21,77664   | 22,68  |
| Manganeso (ppm)           | 14,00  | 204,00 | 84,4000 | 60,70182   | 71,92  |
| Cobre (ppm)               | ,50    | 1,80   | ,9400   | ,41952     | 44,63  |
| Zinc (ppm)                | ,10    | 2,80   | ,9900   | 1,23058    | 124,30 |
| Boro (ppm)                | ,05    | ,43    | ,1270   | ,12047     | 94,86  |
| pH                        | 4,30   | 6,19   | 4,8500  | ,53992     | 11,13  |
| C.E. m.S/cm               | ,07    | ,41    | ,1680   | ,10152     | 60,43  |
| M. Orgánica %             | 1,49   | 2,85   | 2,3460  | ,38468     | 16,40  |
| C.O. %                    | ,86    | 1,65   | 1,3580  | ,22459     | 16,54  |
| Sat. % Bases %            | 4,07   | 92,69  | 33,7320 | 35,69876   | 105,83 |
| Densidad A. (g/cc)        | 1,06   | 1,49   | 1,2710  | ,11723     | 9,22   |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las variables agroquímicas del suelo de la parcela experimental y la parcela testigo, se encontró una variabilidad media para potasio, sodio, C.I.C., cloruros, hierro, manganeso y cobre para las dos parcelas, para el caso de materia orgánica, carbono orgánico y densidad, la parcela testigo presentó CV bajo mientras que la agroecológica CV medio. Para las demás presentaron variabilidad alta para las dos parcelas (Tabla 53).

**Tabla 53.** Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 2 de La Playa de Belén.

|                               | Tratamiento          | Media  | Desviación típica | Coefficiente de Variación (%) |
|-------------------------------|----------------------|--------|-------------------|-------------------------------|
| <b>Potasio (meq / 100 cc)</b> | Parcela Experimental | ,3820  | ,12438            | 32,56                         |
|                               | Parcela Testigo 1    | ,2540  | ,09450            | 37,20                         |
| <b>Calcio (meq / 100 cc)</b>  | Parcela Experimental | 2,7620 | 2,04756           | 74,13                         |
|                               | Parcela Testigo 1    | 1,1720 | 1,19468           | 101,94                        |
| <b>Calcio (meq / 100 cc)</b>  | Parcela Experimental | 1,3320 | 1,13702           | 85,36                         |
|                               | Parcela Testigo 1    | ,5080  | ,36451            | 71,75                         |

|                                | <b>Tratamiento</b>   | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |
|--------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <b>Sodio (meq / L)</b>         | Parcela Experimental | ,2800        | ,07071                   | 25,25                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | ,2280        | ,13442                   | 58,96                                |
| <b>Aluminio (meq / 100 cc)</b> | Parcela Experimental | 1,3200       | 1,38456                  | 104,89                               |
|                                | Parcela Testigo 1    | 2,0800       | 1,32174                  | 63,55                                |
| <b>C.I.C (meq / 100 g)</b>     | Parcela Experimental | 12,1480      | 3,46687                  | 28,54                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 13,4920      | 5,44683                  | 40,37                                |
| <b>Cloruros (meq / 100L)</b>   | Parcela Experimental | ,5360        | ,26623                   | 49,67                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | ,4240        | ,04561                   | 10,76                                |
| <b>Fósforos ppm</b>            | Parcela Experimental | 10,6000      | 5,85662                  | 55,25                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 13,0000      | 20,18663                 | 155,28                               |
| <b>Fósforos ppm</b>            | Parcela Experimental | 59,0000      | 85,90984                 | 145,61                               |
|                                | Parcela Testigo 1    | 27,4000      | 11,80254                 | 43,07                                |
| <b>N-NO<sub>3</sub> ppm</b>    | Parcela Experimental | 19,0000      | 23,82226                 | 125,38                               |
|                                | Parcela Testigo 1    | 11,0000      | 8,21584                  | 74,69                                |
| <b>Azufre ppm</b>              | Parcela Experimental | 3,4000       | 5,36656                  | 157,84                               |
|                                | Parcela Testigo 1    | 3,4000       | 5,36656                  | 157,84                               |
| <b>Azufre ppm</b>              | Parcela Experimental | 94,8000      | 20,77739                 | 21,92                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 97,2000      | 25,13364                 | 25,86                                |
| <b>Manganeso (ppm)</b>         | Parcela Experimental | 118,0000     | 70,31003                 | 59,58                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 50,8000      | 22,90633                 | 45,09                                |
| <b>Cobre (ppm)</b>             | Parcela Experimental | ,8800        | ,37683                   | 42,82                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 1,0000       | ,49497                   | 49,50                                |



|                           | <b>Tratamiento</b>   | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |
|---------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <b>Zinc (ppm)</b>         | Parcela Experimental | 1,4000       | 1,35462                  | 96,76                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | ,5800        | 1,07331                  | 185,05                               |
| <b>Zinc (ppm)</b>         | Parcela Experimental | ,1280        | ,06140                   | 47,97                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | ,1260        | ,16994                   | 134,87                               |
| <b>pH</b>                 | Parcela Experimental | 4,9880       | ,70595                   | 14,15                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | 4,7120       | ,33154                   | 7,04                                 |
| <b>C.E. m.S/cm</b>        | Parcela Experimental | ,2060        | ,12502                   | 60,69                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | ,1300        | ,06285                   | 48,35                                |
| <b>M. Orgánica %</b>      | Parcela Experimental | 2,3060       | ,50959                   | 22,10                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | 2,3860       | ,26321                   | 11,03                                |
| <b>C.O. %</b>             | Parcela Experimental | 1,3340       | ,29636                   | 22,22                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | 1,3820       | ,15563                   | 11,26                                |
| <b>C.O. %</b>             | Parcela Experimental | 45,3820      | 39,22178                 | 86,43                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | 22,0820      | 31,46029                 | 142,47                               |
| <b>Densidad A. (g/cc)</b> | Parcela Experimental | 1,2620       | ,16694                   | 13,23                                |
|                           | Parcela Testigo 1    | 1,2800       | ,05339                   | 4,17                                 |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las medias de las variables agroquímicas de la parcela testigo y la parcela agroecológica en el modelo 2, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 54).

**Tabla 54.** Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 2 de La Playa de Belén.

| <b>Estadísticos de grupo</b> |                                   |                              |                   |                                |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
|                              | <b>Media Parcela Experimental</b> | <b>Media Parcela Testigo</b> | <b>Valor de t</b> | <b>Significación bilateral</b> |
| Potasio (meq / 100 cc)       | ,3820                             | ,2540                        | ,1,832            | 104                            |
| Calcio (meq / 100 cc)        | 2,7620                            | 1,1720                       | 1,500             | ,172                           |
| Magnesio (meq / 100 cc)      | 1,3320                            | ,5080                        | 1,543             | ,161                           |
| Sodio (meq / L)              | ,2800                             | ,2280                        | ,766              | ,466                           |
| Aluminio (meq / 100 cc)      | 1,3200                            | 2,0800                       | -,888             | ,401                           |
| C.I.C (meq / 100 g)          | 12,1480                           | 13,4920                      | -,465             | ,654                           |
| Cloruros (meq / 100L)        | ,5360                             | ,4240                        | ,927              | ,381                           |
| Fósforos ppm                 | 10,6000                           | 13,0000                      | -,255             | ,805                           |
| N - NH <sub>4</sub> ppm      | 59,0000                           | 27,4000                      | ,815              | ,439                           |
| N-NO <sub>3</sub> ppm        | 19,0000                           | 11,0000                      | ,710              | ,498                           |
| Azufre ppm                   | 3,4000                            | 3,4000                       | ,000              | 1,000                          |
| Hierro ppm                   | 94,8000                           | 97,2000                      | -,165             | ,873                           |
| Manganeso (ppm)              | 118,0000                          | 50,8000                      | 2,032             | ,077                           |
| Cobre (ppm)                  | ,8800                             | 1,0000                       | -,431             | ,678                           |
| Zinc (ppm)                   | 1,4000                            | ,5800                        | 1,061             | ,320                           |
| Boro (ppm)                   | ,1280                             | ,1260                        | ,025              | ,981                           |
| pH                           | 4,9880                            | 4,7120                       | ,791              | ,452                           |
| C.E. m.S/cm                  | ,2060                             | ,1300                        | 1,214             | ,259                           |
| M. Orgánica %                | 2,3060                            | 2,3860                       | -,312             | ,763                           |
| C.O. %                       | 1,3340                            | 1,3820                       | -,321             | ,757                           |
| Sat. % Bases %               | 45,3820                           | 22,0820                      | 1,036             | ,330                           |
| Densidad A. (g/cc)           | 1,2620                            | 1,2800                       | -,230             | ,824                           |

Fuente. Equipo investigador

### Modelo agroecológico 3: Forestal – Brevo – Fríjol

Las variables agroquímicas del suelo: potasio, magnesio, C.I.C., N - NH<sub>4</sub>, pH, materia orgánica, carbono orgánico y densidad, presentaron variabilidad media con VC comprendidos entre el 12% y el 60%. Las demás variables agroquímicas se comportaron con una variabilidad alta con CV por encima del 60% (Tabla 55).

**Tabla 55.** Estadística descriptiva de las variables agroquímicas en el modelo 3 de la Playa de Belén.

| Estadísticos descriptivos |        |        |          |            |        |
|---------------------------|--------|--------|----------|------------|--------|
|                           | Mínimo | Máximo | Media    | Desv. típ. | CV(%)  |
| Potasio (meq / 100 cc)    | ,13    | ,83    | ,4060    | ,21062     | 51,88  |
| Calcio (meq / 100 cc)     | ,42    | 6,58   | 3,0660   | 2,36452    | 77,12  |
| Magnesio (meq / 100 cc)   | ,16    | 1,63   | ,9690    | ,52093     | 53,76  |
| Sodio (meq / L)           | ,18    | 1,61   | ,5610    | ,46006     | 82,01  |
| Aluminio (meq / 100 cc)   | ,01    | 2,80   | ,7460    | 1,20256    | 161,20 |
| C.I.C (meq / 100 g)       | 3,69   | 19,87  | 10,1570  | 5,26337    | 51,82  |
| Cloruros (meq / 100L)     | ,28    | 2,08   | ,6200    | ,52468     | 84,63  |
| Fósforos ppm              | 2,00   | 290,00 | 81,6000  | 98,54520   | 120,77 |
| N - NH <sub>4</sub> ppm   | 10,00  | 37,00  | 18,3000  | 9,40508    | 51,39  |
| N-NO <sub>3</sub> ppm     | 2,00   | 40,00  | 19,2000  | 16,04715   | 83,58  |
| Azufre ppm                | 1,00   | 59,00  | 11,8000  | 18,37752   | 155,74 |
| Hierro ppm                | 51,00  | 176,00 | 104,2000 | 36,25465   | 34,79  |
| Manganeso (ppm)           | 6,00   | 244,00 | 114,9000 | 91,19631   | 79,37  |
| Cobre (ppm)               | ,10    | 3,00   | 1,5600   | 1,02220    | 65,53  |
| Zinc (ppm)                | ,10    | 13,40  | 5,2100   | 5,76608    | 110,67 |
| Boro (ppm)                | ,05    | ,49    | ,1360    | ,14167     | 104,17 |
| pH                        | 4,30   | 6,59   | 5,2850   | ,87949     | 16,64  |
| C.E. m.S/cm               | ,07    | ,80    | ,2770    | ,21598     | 77,97  |
| M. Orgánica %             | ,00    | 3,25   | 2,1450   | ,88495     | 41,26  |
| C.O. %                    | ,55    | 1,89   | 1,2980   | ,37853     | 29,16  |
| Sat. % Bases %            | 4,07   | 198,20 | 64,3090  | 68,93447   | 107,19 |
| Densidad A. (g/cc)        | 1,03   | 1,65   | 1,3320   | ,23132     | 17,37  |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las variables agroquímicas del suelo de la parcela experimental y la parcela testigo, se encontró una variabilidad media para potasio, hierro, pH, materia orgánica y carbono orgánico para las dos parcelas, para el magnesio, la parcela agroecológica tuvo variabilidad media y la testigo variabilidad alta. La C.I.C., N - NH<sub>4</sub>, cloruros y C.E., la parcela agroecológica presentó variabilidad alta y la testigo variabilidad media. Para las demás variables se presentó variabilidad alta para las dos parcelas (Tabla 56).

**Tabla 56.** Estadística descriptiva de las variables agroquímicas por parcela del modelo 3 de la Playa de Belén.

|                                | <b>Tratamiento</b>   | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |
|--------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <b>Potasio (meq / 100 cc)</b>  | Parcela Experimental | ,3140        | ,16817                   | 53,56                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | ,4980        | ,22443                   | 45,07                                |
| <b>Calcio (meq / 100 cc)</b>   | Parcela Experimental | 2,4960       | 2,31068                  | 92,58                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 3,6360       | 2,53538                  | 69,73                                |
| <b>Calcio (meq / 100 cc)</b>   | Parcela Experimental | ,7500        | ,55340                   | 73,79                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 1,1880       | ,42944                   | 36,15                                |
| <b>Sodio (meq / L)</b>         | Parcela Experimental | ,4060        | ,30484                   | 75,08                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | ,7160        | ,56853                   | 79,40                                |
| <b>Aluminio (meq / 100 cc)</b> | Parcela Experimental | ,9060        | 1,28706                  | 142,06                               |
|                                | Parcela Testigo 1    | ,5860        | 1,23828                  | 211,31                               |
| <b>C.I.C (meq / 100 g)</b>     | Parcela Experimental | 9,0800       | 3,63384                  | 40,02                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | 11,2340      | 6,79906                  | 60,52                                |
| <b>Cloruros (meq / 100L)</b>   | Parcela Experimental | ,4560        | ,12837                   | 28,15                                |
|                                | Parcela Testigo 1    | ,7840        | ,73190                   | 93,35                                |
| <b>Fósforos ppm</b>            | Parcela Experimental | 47,2000      | 60,22624                 | 127,60                               |
|                                | Parcela Testigo 1    | 116,0000     | 123,54959                | 106,51                               |

|                             | <b>Tratamiento</b>   | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |
|-----------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| <b>Fósforos ppm</b>         | Parcela Experimental | 17,2000      | 7,12039                  | 41,40                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 19,4000      | 12,05404                 | 62,13                                |
| <b>N-NO<sub>3</sub> ppm</b> | Parcela Experimental | 14,4000      | 14,4000                  | 99,26                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 24,0000      | 24,0000                  | 74,24                                |
| <b>Azufre ppm</b>           | Parcela Experimental | 6,8000       | 7,62889                  | 112,19                               |
|                             | Parcela Testigo 1    | 16,8000      | 25,28240                 | 150,49                               |
| <b>Azufre ppm</b>           | Parcela Experimental | 112,6000     | 47,66865                 | 42,33                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 95,8000      | 22,55438                 | 23,54                                |
| <b>Manganeso (ppm)</b>      | Parcela Experimental | 114,6000     | 104,58394                | 91,26                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 115,2000     | 88,17426                 | 76,54                                |
| <b>Cobre (ppm)</b>          | Parcela Experimental | 1,4000       | 1,09545                  | 78,25                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 1,7200       | 1,04259                  | 60,62                                |
| <b>Zinc (ppm)</b>           | Parcela Experimental | 4,8800       | 6,56673                  | 134,56                               |
|                             | Parcela Testigo 1    | 5,5400       | 5,60473                  | 101,17                               |
| <b>Zinc (ppm)</b>           | Parcela Experimental | ,1520        | ,18953                   | 124,69                               |
|                             | Parcela Testigo 1    | ,1200        | ,09274                   | 77,28                                |
| <b>pH</b>                   | Parcela Experimental | 5,0780       | ,91218                   | 17,96                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 5,4920       | ,89508                   | 16,30                                |
| <b>C.E. m.S/cm</b>          | Parcela Experimental | ,2080        | ,07727                   | 37,15                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | ,3460        | ,29509                   | 85,29                                |
| <b>M. Orgánica %</b>        | Parcela Experimental | 2,3140       | ,54816                   | 23,69                                |
|                             | Parcela Testigo 1    | 1,9760       | 1,17906                  | 59,67                                |

|                           | Tratamiento          | Media   | Desviación típica | Coefficiente de Variación (%) |
|---------------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------------------------|
| <b>C.O. %</b>             | Parcela Experimental | 1,3400  | ,32109            | 23,96                         |
|                           | Parcela Testigo 1    | 1,2560  | ,46355            | 36,91                         |
| <b>C.O. %</b>             | Parcela Experimental | 63,0620 | 82,81112          | 131,32                        |
|                           | Parcela Testigo 1    | 65,5560 | 61,88978          | 94,41                         |
| <b>Densidad A. (g/cc)</b> | Parcela Experimental | 1,3280  | ,18199            | 13,70                         |
|                           | Parcela Testigo 1    | 1,3360  | ,29535            | 22,11                         |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las medias de las variables agroquímicas de la parcela testigo y la parcela agroecológica en el modelo 3, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 57).

**Tabla 57.** Análisis de la comparación entre la parcela la experimental y el testigo para las variables agroquímicas más importantes del suelo para el modelo 3 de La Playa de Belén.

| Estadísticos de grupo   |                                |                            |                       |            |                         |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
|                         | Variable agroquímica del suelo | Media Parcela Experimental | Media Parcela Testigo | Valor de t | Significación bilateral |
| Potasio (meq / 100 cc)  | 1,00                           | ,3140                      | ,4980                 | -1,467     | ,181                    |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 1,00                           | 2,4960                     | 3,6360                | -,743      | ,479                    |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 1,00                           | ,7500                      | 1,1880                | -1,398     | ,200                    |
| odio (meq / L)          | 1,00                           | ,4060                      | ,7160                 | -1,075     | ,314                    |
| Aluminio (meq / 100 cc) | 1,00                           | ,9060                      | ,5860                 | ,401       | ,699                    |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 1,00                           | 9,0800                     | 11,2340               | -,625      | ,550                    |
| Cloruros (meq / 100L)   | 1,00                           | ,4560                      | ,7840                 | -,987      | ,353                    |
| Fósforos ppm            | 1,00                           | 47,2000                    | 116,0000              | -1,119     | ,295                    |
| Fósforos ppm            | 1,00                           | 17,2000                    | 19,4000               | -,351      | ,734                    |

| Estadísticos de grupo |                                |                            |                       |            |                         |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
|                       | Variable agroquímica del suelo | Media Parcela Experimental | Media Parcela Testigo | Valor de t | Significación bilateral |
| N-NO <sub>3</sub> ppm | 1,00                           | 14,4000                    | 24,0000               | -,940      | ,375                    |
| Azufre ppm            | 1,00                           | 6,8000                     | 16,8000               | -,847      | ,422                    |
| Azufre ppm            | 1,00                           | 112,6000                   | 95,8000               | ,712       | ,496                    |
| Manganeso (ppm)       | 1,00                           | 114,6000                   | 115,2000              | -,010      | ,992                    |
| Cobre (ppm)           | 1,00                           | 1,4000                     | 1,7200                | -,473      | ,649                    |
| Zinc (ppm)            | 1,00                           | 4,8800                     | 5,5400                | -,171      | ,869                    |
| Zinc (ppm)            | 1,00                           | ,1520                      | ,1200                 | ,339       | ,743                    |
| pH                    | 1,00                           | 5,0780                     | 5,4920                | -,724      | ,489                    |
| C.E. m.S/cm           | 1,00                           | ,2080                      | ,3460                 | -1,012     | ,341                    |
| M. Orgánica %         | 1,00                           | 2,3140                     | 1,9760                | ,581       | ,577                    |
| C.O. %                | 1,00                           | 1,3400                     | 1,2560                | ,333       | ,748                    |
| C.O. %                | 1,00                           | 63,0620                    | 65,5560               | -,054      | ,958                    |
| Densidad A. (g/cc)    | 1,00                           | 1,3280                     | 1,3360                | -,052      | ,960                    |

Fuente. Equipo investigador

Al comparar las variables agroquímicas antes y después del establecimiento de los cultivos en la parcela agroecológica del modelo 1, no se presentó diferencia estadísticamente significativa, lo que indica que los cultivos no tuvieron influencia alguna sobre las propiedades agroquímicas del suelo (Tabla 58).

**Tabla 58.** Comparación de las variables agroquímicas del suelo antes y después parcela agroecológica del modelo 1.

|                         | Media antes | Media después | t     | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|-------|----------------|
| Potasio (meq / 100 cc)  | ,4380       | ,4780         | -,213 | ,837           |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 3,9440      | 3,6000        | ,162  | ,875           |
| Magnesio (meq / 100 cc) | 1,3800      | 1,4300        | -,071 | ,945           |
| Sodio (meq / L)         | ,6700       | ,6780         | -,017 | ,987           |
| Aluminio (meq / 100 cc) | ,9200       | 1,3020        | -,375 | ,717           |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 15,4000     | 16,1800       | -,234 | ,821           |
| Cloruros (meq / 100L)   | ,9200       | ,7240         | ,636  | ,542           |
| Fósforos ppm            | 31,2000     | 85,6000       | -,786 | ,455           |

|                         | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| N - NH <sub>4</sub> ppm | 16,4000     | 30,8000       | -1,160 | ,279           |
| N-NO <sub>3</sub> ppm   | 76,0000     | 52,0000       | ,376   | ,717           |
| Azufre ppm              | 17,0000     | 12,2000       | ,297   | ,774           |
| Hierro ppm              | 191,6000    | 150,4000      | ,958   | ,366           |
| Manganeso (ppm)         | 170,4000    | 92,6000       | ,686   | ,512           |
| Cobre (ppm)             | ,4000       | 1,0400        | -1,333 | ,219           |
| Zinc (ppm)              | 5,8800      | 5,3000        | ,121   | ,907           |
| Boro (ppm)              | ,2560       | ,1260         | 2,235  | ,056           |
| pH                      | 5,6760      | 5,1300        | 1,031  | ,333           |
| C.E. m.S/cm             | ,4980       | ,4220         | ,215   | ,835           |
| M. Orgánica %           | 3,4000      | 3,4180        | -,042  | ,967           |
| C.O. %                  | 1,9720      | 1,9840        | -,049  | ,962           |
| Sat. % Bases %          | 47,0760     | 52,2860       | -,152  | ,883           |
| Densidad A. (g/cc)      | 1,1700      | 1,1920        | -,247  | ,811           |

Fuente. Equipo investigador

En la parcela testigo del modelo agroecológico 1, se compararon las medias antes y después del establecimiento de los arreglos agroforestales de las variables agroquímicas del suelo, presentando todas comportamiento estadísticamente similar (Tabla 59).

**Tabla 59.** Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 1.

|                         | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| Potasio (meq / 100 cc)  | ,5400       | ,4780         | ,347   | ,737           |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 4,3400      | 4,5560        | -,092  | ,929           |
| Magnesio (meq / 100 cc) | 2,4060      | 1,6020        | ,661   | ,527           |
| Sodio (meq / L)         | ,3740       | ,4480         | -,437  | ,674           |
| Aluminio (meq / 100 cc) | ,3200       | 1,3640        | -1,404 | ,198           |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 22,4000     | 15,4780       | 1,313  | ,225           |
| Cloruros (meq / 100L)   | ,8080       | ,4560         | 3,897  | ,005           |
| Fósforos ppm            | 36,2000     | 70,0000       | -,572  | ,583           |
| N - NH <sub>4</sub> ppm | 9,8000      | 18,4000       | -1,578 | ,153           |
| N-NO <sub>3</sub> ppm   | 23,0000     | 24,0000       | -,085  | ,934           |
| Azufre ppm              | 21,4000     | 3,4000        | 2,087  | ,070           |
| Hierro ppm              | 211,8000    | 132,8000      | 1,001  | ,346           |
| Manganeso (ppm)         | 109,0000    | 124,2000      | -,133  | ,897           |



|                    | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|--------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| Cobre (ppm)        | ,4400       | ,8000         | -,647  | ,536           |
| Zinc (ppm)         | 7,5800      | 4,1400        | ,596   | ,568           |
| Boro (ppm)         | ,2580       | ,0860         | 4,135  | ,003           |
| pH                 | 5,4700      | 5,4380        | ,054   | ,959           |
| C.E. m.S/cm        | ,2940       | ,2740         | ,226   | ,827           |
| M. Orgánica %      | 3,4300      | 3,2760        | ,266   | ,797           |
| C.O. %             | 1,9900      | 1,9000        | ,268   | ,795           |
| Sat. % Bases %     | 34,6080     | 68,8720       | -,971  | ,360           |
| Densidad A. (g/cc) | 1,1680      | 1,2940        | -1,190 | ,268           |

Fuente. Equipo investigador

La aplicación de productos nutritivos aumentó levemente la concentración de algunos elementos en el suelo, luego de su aplicación y del establecimiento del modelo agroecológico, como el caso del potasio, el magnesio, el sodio, el aluminio, la C.I.C., el cobre, la materia orgánica, el carbono orgánico y la saturación de bases. Para el caso del fósforo, el incremento fue bastante elevado, pasando de 31,2 ppm antes del establecimiento y la aplicación de los productos a 85,6 ppm después de estas dos actividades. Para los elementos calcio, cloruros, N-NO<sub>3</sub>, azufre, hierro, manganeso, zinc, boro y C.E. se reportó disminución considerable en su concentración después de la aplicación de los productos y el establecimiento de los cultivos, mientras que el manganeso presentó una disminución de 77,8 ppm, tal vez, debido a la utilización de estos elementos en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones (Tabla 59).

En el modelo agroecológico 2, se presentó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en las variables de Materia Orgánica y Carbono Orgánico al comparar antes y después del establecimiento de los arreglos agroforestales. En las dos variables, el contenido fue mayor antes del establecimiento de los cultivos, presentando una disminución después de su establecimiento. Esto indica que las prácticas agroecológicas realizadas en estas parcelas no fueron efectivas para mantener la materia orgánica del suelo.

**Tabla 60.** Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 1.

|                         | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| Potasio (meq / 100 cc)  | ,2840       | ,3820         | -1,209 | ,261           |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 3,2700      | 2,7620        | ,346   | ,738           |
| Magnesio (meq / 100 cc) | 1,1880      | 1,3320        | -,217  | ,833           |
| Sodio (meq / L)         | ,3400       | ,2800         | ,520   | ,617           |
| Aluminio (meq / 100 cc) | 1,6400      | 1,3240        | ,273   | ,791           |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 16,0000     | 12,1480       | ,910   | ,389           |
| Cloruros (meq / 100L)   | ,9280       | ,5360         | 1,279  | ,237           |
| Fósforos ppm            | 21,4000     | 10,6000       | ,826   | ,433           |
| N - NH4 ppm             | 16,0000     | 59,0000       | -1,111 | ,299           |
| N-NO3 ppm               | 35,0000     | 19,0000       | ,807   | ,443           |
| Azufre ppm              | 11,8000     | 3,4000        | 1,711  | ,125           |
| Hierro ppm              | 156,6000    | 94,8000       | 1,922  | ,091           |
| Manganeso (ppm)         | 75,2000     | 118,0000      | -,804  | ,445           |
| Cobre (ppm)             | ,2600       | ,8800         | -3,413 | ,009           |
| Zinc (ppm)              | 4,0200      | 1,4000        | 1,128  | ,292           |
| Boro (ppm)              | ,1540       | ,1280         | ,512   | ,623           |
| pH                      | 5,0160      | 4,9880        | ,070   | ,946           |
| C.E. m.S/cm             | ,4660       | ,2060         | 1,828  | ,105           |
| M. Orgánica %           | 3,1180      | 2,3060        | 3,107  | ,015           |
| C.O. %                  | 1,8080      | 1,3340        | 3,124  | ,014           |
| Sat. % Bases %          | 50,9120     | 45,3820       | ,209   | ,840           |
| Densidad A. (g/cc)      | 1,2900      | 1,2620        | ,230   | ,824           |

Fuente. Equipo investigador

Esto indica que las practicas agroecológicas realizadas en estas parcelas no fueron efectivas para retener la materia orgánica existente en el suelo antes de la intervención del proyecto.

En la parcela testigo del modelo agroecológico 2, se presentó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) para las variables de Cobre, Materia Orgánica y Carbono Orgánico al comparar antes y después del establecimiento de los cultivos. En los tres casos, se produjo una reducción en el contenido de estas variables con el establecimiento de los arreglos agroforestales (Tabla 61), ocurriendo similar situación con relación a la materia orgánica que en las parcelas anteriores.

**Tabla 61.** Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 2.

|                         | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| Potasio (meq / 100 cc)  | ,4880       | ,2540         | 1,045  | ,327           |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 3,3340      | 1,1720        | 1,336  | ,218           |
| Magnesio (meq / 100 cc) | 1,9080      | ,5080         | 1,106  | ,301           |
| Sodio (meq / L)         | ,2600       | ,2280         | ,233   | ,822           |
| Aluminio (meq / 100 cc) | 1,1600      | 2,0800        | -1,100 | ,303           |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 15,2000     | 13,4920       | ,480   | ,644           |
| Cloruros (meq / 100L)   | ,7760       | ,4240         | 2,146  | ,064           |
| Fósforos ppm            | 24,6000     | 13,0000       | ,553   | ,596           |
| N - NH <sub>4</sub> ppm | 15,2000     | 27,4000       | -1,791 | ,111           |
| N-NO <sub>3</sub> ppm   | 44,0000     | 11,0000       | ,842   | ,424           |
| Azufre ppm              | 28,4000     | 3,4000        | 1,090  | ,307           |
| Hierro ppm              | 128,4000    | 97,2000       | 1,473  | ,179           |
| Manganeso (ppm)         | 130,8000    | 50,8000       | 1,693  | ,129           |
| Cobre (ppm)             | ,3800       | 1,0000        | -2,634 | ,030           |
| Zinc (ppm)              | 6,5400      | ,5800         | 1,635  | ,141           |
| Boro (ppm)              | ,1640       | ,1260         | ,438   | ,673           |
| pH                      | 5,5360      | 4,7120        | 2,199  | ,059           |
| C.E. m.S/cm             | ,4040       | ,1300         | ,964   | ,363           |
| M. Orgánica %           | 2,9720      | 2,3860        | 3,552  | ,007           |
| C.O. %                  | 1,7240      | 1,3820        | 3,539  | ,008           |
| Sat. % Bases %          | 43,3920     | 22,0820       | 1,012  | ,341           |
| Densidad A. (g/cc)      | 1,3380      | 1,2800        | ,620   | ,553           |

Fuente. Equipo investigador

La aplicación de productos nutritivos (Anexo 6), aumentó levemente la concentración de algunos elementos en el suelo, luego de su aplicación y del establecimiento del modelo agroecológico, como el caso del potasio, el magnesio, N-NH<sub>4</sub>, manganeso y cobre. Para los elementos calcio, sodio, aluminio, C.I.C., cloruros, fósforo, N-NO<sub>3</sub>, azufre, hierro, zinc, boro, C.E., carbono orgánico, saturación de bases y densidad se reportó disminución en su concentración después de la aplicación de los productos y el establecimiento de los cultivos, siendo la más notable en el hierro con 61,8 ppm menos tal vez, debido a la utilización de estos elementos en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones.

Para el modelo agroecológico 3 en la parcela agroecológica, se presentó diferencia estadísticamente significativa para la variable cloruros al comparar la media del antes con la media del después del establecimiento de los arreglos agroecológicos. Las demás variables presentaron comportamiento similar (Tabla 62).

**Tabla 62.** Comparación suelo antes y después parcela agroecológica del modelo 3.

|                         | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| Potasio (meq / 100 cc)  | ,3760       | ,3140         | ,494   | ,634           |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 4,1460      | 2,4960        | 1,058  | ,321           |
| Magnesio (meq / 100 cc) | 1,4500      | ,7500         | 1,439  | ,188           |
| Sodio (meq / L)         | ,3920       | ,4060         | -,084  | ,935           |
| Aluminio (meq / 100 cc) | ,5000       | ,9060         | -,544  | ,601           |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 15,2000     | 9,0800        | 1,517  | ,168           |
| Cloruros (meq / 100L)   | 1,0240      | ,4560         | 3,345  | ,010           |
| Fósforos ppm            | 33,4000     | 104,8000      | -1,304 | ,229           |
| N - NH <sub>4</sub> ppm | 8,6000      | 17,2000       | -1,789 | ,111           |
| N-NO <sub>3</sub> ppm   | 55,0000     | 14,4000       | 1,912  | ,092           |
| Azufre ppm              | 15,6000     | 6,8000        | 1,324  | ,222           |
| Hierro ppm              | 120,0000    | 112,6000      | ,211   | ,838           |
| Manganeso (ppm)         | 55,4000     | 114,6000      | -1,160 | ,280           |
| Cobre (ppm)             | ,4800       | 1,4000        | -1,857 | ,100           |
| Zinc (ppm)              | 5,7400      | 4,8800        | ,222   | ,830           |
| Boro (ppm)              | ,2160       | ,1520         | ,661   | ,527           |
| pH                      | 5,4240      | 5,0780        | ,698   | ,505           |
| C.E. m.S/cm             | ,4540       | ,2080         | 1,703  | ,127           |
| M. Orgánica %           | 2,9160      | 2,3140        | 1,304  | ,228           |
| C.O. %                  | 1,5880      | 1,3400        | ,702   | ,503           |
| Sat. % Bases %          | 50,4280     | 63,0620       | -,321  | ,756           |
| Densidad A. (g/cc)      | 1,3560      | 1,3280        | ,200   | ,846           |

Fuente. Equipo investigador

En el modelo agroecológico 3 en la parcela testigo, al comparar las variables agroquímicas del suelo antes y después del establecimiento de los arreglos agroforestales, se presentó comportamiento similar salvo en el contenido de Zinc, que disminuyó después de establecidos los cultivos (Tabla 63).

**Tabla 63.** Comparación suelo antes y después parcela testigo del modelo 3.

|                         | Media antes | Media después | t      | Sig. bilateral |
|-------------------------|-------------|---------------|--------|----------------|
| Potasio (meq / 100 cc)  | ,2820       | ,4980         | -1,396 | ,200           |
| Calcio (meq / 100 cc)   | 2,3600      | 3,6360        | -,833  | ,429           |
| Magnesio (meq / 100 cc) | ,7540       | 1,1880        | -1,444 | ,187           |
| Sodio (meq / L)         | ,5380       | ,7160         | -,496  | ,633           |
| Aluminio (meq / 100 cc) | 1,5000      | ,5860         | 1,101  | ,303           |
| C.I.C (meq / 100 g)     | 13,6000     | 11,2340       | ,570   | ,584           |
| Cloruros (meq / 100L)   | 1,0080      | ,7840         | ,488   | ,639           |
| Fósforos ppm            | 28,0000     | 116,0000      | -1,524 | ,166           |
| N - NH <sub>4</sub> ppm | 11,0000     | 19,4000       | -1,429 | ,191           |
| N-NO <sub>3</sub> ppm   | 59,0000     | 24,0000       | ,899   | ,395           |
| Azufre ppm              | 16,6000     | 16,8000       | -,017  | ,987           |
| Hierro ppm              | 118,2000    | 95,8000       | ,520   | ,617           |
| Manganeso (ppm)         | 113,8000    | 115,2000      | -,022  | ,983           |
| Cobre (ppm)             | ,6400       | 1,7200        | -1,999 | ,081           |
| Zinc (ppm)              | 4,8600      | 5,5400        | -,179  | ,862           |
| Boro (ppm)              | ,2580       | ,1200         | 2,710  | ,027           |
| pH                      | 5,2860      | 5,4920        | -,436  | ,674           |
| C.E. m.S/cm             | ,6340       | ,3460         | ,779   | ,459           |
| M. Orgánica %           | 2,8400      | 1,9760        | 1,427  | ,191           |
| C.O. %                  | 1,6480      | 1,2560        | 1,451  | ,185           |
| Sat. % Bases %          | 40,6420     | 65,5560       | -,730  | ,486           |
| Densidad A. (g/cc)      | 30,7980     | 1,3360        | ,997   | ,348           |

Fuente. Equipo investigador

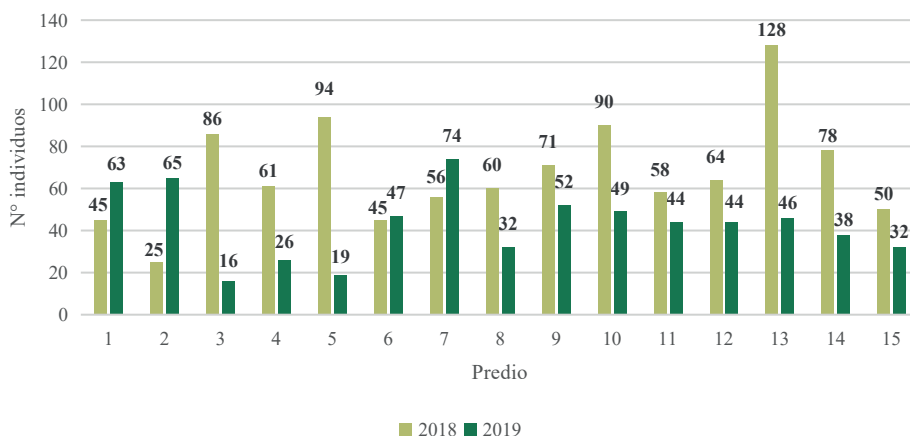
La aplicación de productos nutritivos aumentó levemente la concentración de algunos elementos en el suelo, luego de su aplicación y del establecimiento del modelo agroecológico, como el caso del sodio, el aluminio, fósforo, N-NH<sub>4</sub>, el manganeso, el cobre, la saturación de bases y ligeramente la densidad. Para el caso del potasio, el calcio, el magnesio, C.I.C., cloruros, N-NO<sub>3</sub>, azufre, hierro, zinc, boro, C.E. y materia orgánica se presentó disminución en su concentración después de la aplicación de los productos y el establecimiento de los cultivos tal vez, debido a la utilización de estos elementos en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones.

# Efecto de los modelos agroecológicos sobre la biología del suelo

## Macrofauna

Respecto a la abundancia, se identificaron 1661 individuos en total de los cuales 1011 fueron antes del establecimiento de los modelos agroecológicos y 650 después del establecimiento. Se tuvo una media de 67,4 individuos por predio antes del establecimiento frente a 43,3 luego del (desviación estándar= 25,05 antes de implementar el modelo y 16,58 luego de establecido) (Figura 35).

**Figura 35.** Comparación de la distribución de la Abundancia de macrofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander para los años 2018 y 2019..



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

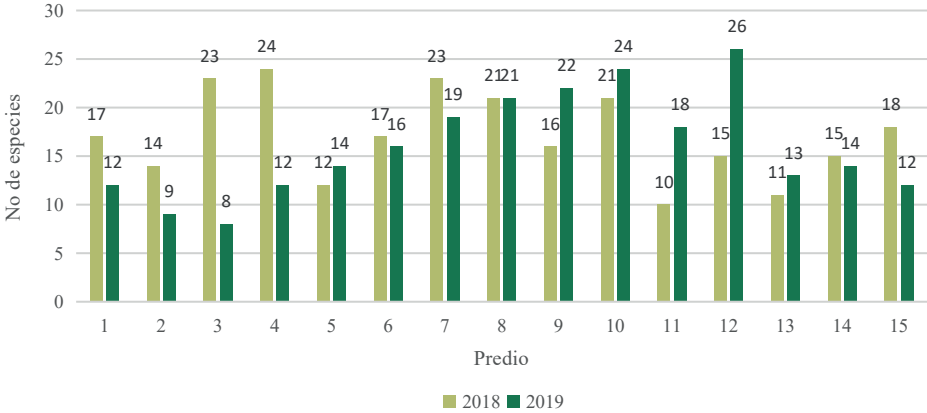
Al comparar la abundancia entre los años 2018 y 2019 por modelo agroecológico, se obtuvo que en el primer modelo conformado por Forestal – Aguacate – Fríjol, se presentó un aumento en el número de individuos en el predio El Porvenir, en donde se pasó de 25 a 65 individuos, mientras que en

los predios Los Pumarrosos, San Agustín y San Roque, hubo una disminución de individuos de 70, 45 y 75 respectivamente. En el segundo modelo agroecológico, Forestal – Aguacate – Maíz, el predio El Limón presentó un aumento de 18 individuos para el año 2019 una vez se establecieron los cultivos, al igual que en el predio El Placer con dos individuos más. Para los demás predios, se presentó una disminución de 88 individuos en total. Finalmente, el tercer modelo conformado por Forestal – Maíz – Brevo, se presentó una disminución de individuos en todos los predios, siendo más significativa en el predio Mogotes.

### Riqueza y Diversidad

La riqueza específica fue de 115 especies, con diferencias entre predios en la contribución o proporción relativa a este índice, antes de establecer los modelos y de 139 especies luego de su establecimiento (Figura 36)

**Figura 36.** Comparación de la Riqueza Específica de macrofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander años 2018 y 2019.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

Al comparar los dos años, se puede evidenciar, una disminución en el número de especies en las fincas Carrizal, El Porvenir, Los Pumarrosos y San Agustín del modelo 1, El Placer y El Limón del modelo 2 y Mogotes del modelo 3. En las demás fincas, el número de especies aumentó, especialmente en la finca La Vaquera del modelo 3 pasando de 15 especies en 2018 a 26 en el 2019.

Se evidenció disminución en el número de especies después del establecimiento de los tres modelos agroecológicos. En lo relacionado a la riqueza, el modelo Roble, aguacate, maíz y el modelo roble, brevo, maíz presentaron incremento de este parámetro, mientras que el modelo roble, aguacate, frijol disminuyó. Para la diversidad de Margalef, se presentó aumento significativo en los tres modelos. La equidad de Shannon presentó un ligero aumento en los modelos Roble – Aguacate – Maíz y Roble – Brevo – Maíz mientras que el modelo Roble – Aguacate – Frijol registró una disminución. Para la dominancia de Simpson, el modelo Roble – Aguacate – Frijol aumentó de manera significativa mientras que los otros dos modelos registraron una disminución (Tabla 64).

**Tabla 64.** Índices de biodiversidad global de la macrofauna del suelo por modelo agroecológico.

| Índices de biodiversidad microfauna del suelo   | Años  |       |
|---|-------|-------|
|   | 2018  | 2019  |
| <b>Abundancia (N)</b>                           |       |       |
| Modelo Roble – Aguacate - Frijol                | 311   | 189   |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 64,4  | 50,8  |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 75,6  | 40,8  |
| <b>Riqueza específica (S)</b>                   |       |       |
| Modelo Roble – Aguacate - Frijol                | 68    | 45    |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 62    | 72    |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 48    | 70    |
| <b>Diversidad de especies de Margalef (DMg)</b> |       |       |
| Modelo Roble – Aguacate - Frijol                | 11,85 | 8,48  |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 10,74 | 13    |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 8,09  | 13,16 |



| Índices de biodiversidad microfauna del suelo | Años |      |
|---|------|------|
|   | 2018 | 2019 |
| <b>Equidad de Shannon-Wiener (H')</b>         |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol              | 3,58 | 2,48 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                | 3,37 | 3,66 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                   | 3,22 | 3,72 |
| <b>Dominancia (Simpson)</b>                   |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol              | 0,05 | 0,24 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                | 0,07 | 0,05 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                   | 0,06 | 0,04 |

Fuente. Equipo investigador

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 3,86, diversidad de Margalef 16,48 y dominancia de Simpson 0,04, indicando diversidad moderada y dominancia baja (Medrano, 2017). Los resultados generales son presentados en la tabla 65.

Al analizar cada predio de manera independiente, los indicadores de Shannon y Margalef se reducen mientras que la dominancia incrementa indicando que la diversidad de cada predio es inferior a la del municipio. Esto concuerda con lo expresado por Morales et al., (2015), quienes mencionan que los indicadores de Shannon y Simpson son más sensibles a la presencia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Morales-Salazar et al., 2015).

**Tabla 65.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén.

*Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La Playa, Norte de Santander.*

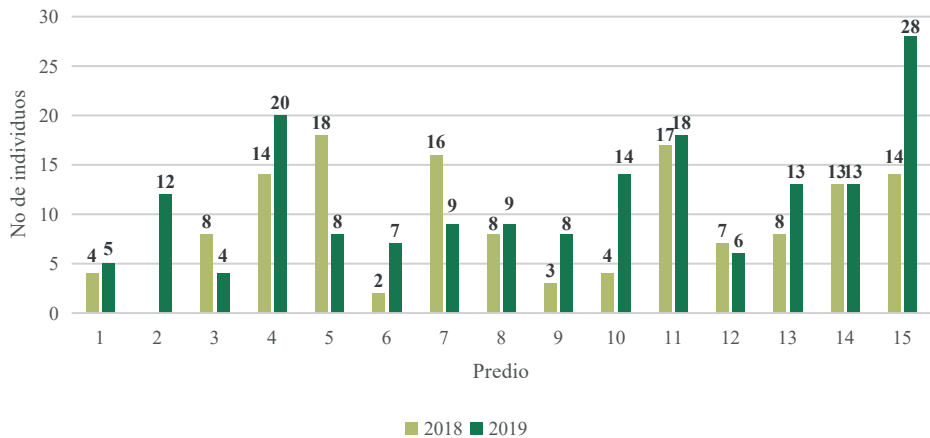
|   | 2018  | 2019  |
|---|-------|-------|
| Abundancia (N)  | 1011  | 647   |
| Equidad de Shannon-Wiener (H')                        | 3,86  | 3,94  |
| Riqueza Específica (S)                                | 115   | 139   |
| Diversidad de Especies de Margalef (D <sub>Mg</sub> ) | 16,48 | 21,47 |
| Dominancia (Simpson)                                  | 0,04  | 0,05  |

Fuente. Equipo investigador

## Mesofauna

Respecto a la abundancia, se identificaron 310 individuos en total de los cuales 136 fueron antes del establecimiento de los modelos agroecológicos y 174 después del establecimiento. Se tuvo una media de 9,06 individuos por predio antes del establecimiento frente a 11,6 luego del (desviación estándar 6,53 antes de implementar el modelo y 6,45 luego de establecido) (Figura 37).

**Figura 37.** Comparación de la distribución de la Abundancia de mesofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander para los años 2018 y 2019.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

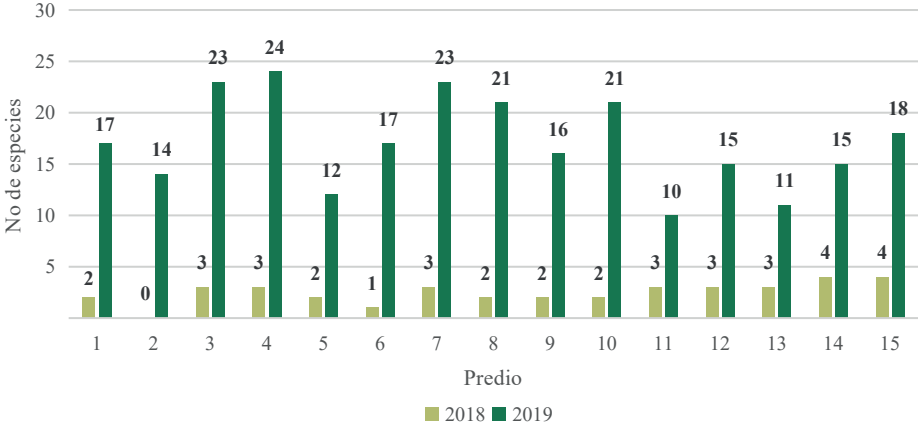
Al comparar la distribución de la abundancia entre los años 2018 y 2019 por modelo agroecológico, se obtuvo que en el primer modelo conformado por Forestal – Aguacate – Frijol, se presentó un aumento significativo del número de individuos, especialmente en el predio El Porvenir, en donde se pasó de cero a 12 individuos, caso similar ocurrió con el predio San Roque que tuvo un aumento de 10 individuos para el 2019 en comparación con el 2018. En el segundo modelo agroecológico, Forestal – Aguacate – Maíz, el predio El Limón presentó un aumento de 7 individuos para el año 2019 una

vez se establecieron os cultivos, ocurriendo algo similar con el predio El Rincón que presentó un incremento de 10 individuos. Finalmente, el tercer modelo conformado por Forestal – Maíz – Brevo, sólo presentó un incremento significativo de individuos en el predio Mogotes pasando de 14 individuos en el 2018 a 28 en el 2019.

**Riqueza y Diversidad**

La riqueza específica fue de 5 especies con media de 9,06 y desviación estándar de 5,87 antes de la implementación de los modelos agroecológicos y 2,47 la media con desviación estándar de 1,06 luego del establecimiento de los modelos (Figura 38).

**Figura 38.** Comparación de la Riqueza Específica de mesofauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander años 2018 y 2019.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes

Fuente. Equipo investigador

Al comparar los dos años, se puede evidenciar, un aumento significativo de individuos en todos los predios, con un mínimo de 7 individuos en el predio La María del modelo agroecológico tres Forestal – Brevo- Maíz y un máximo de 21 individuos en el predio San Agustín del modelo agroecológico dos conformado por Forestal – Aguacate - Maíz.

Se observó un aumento en la abundancia de individuos de las especies de la mesofauna en los tres modelos una vez se implementaron los mismos. En

cuanto a la riqueza específica, el Modelo Roble – Brevo – Maíz, presentó una disminución de tres unidades, mientras que los otros dos modelos tuvieron un aumento. En la diversidad de especies de Margalef y equidad de Shannon, los modelos Roble – Aguacate – Maíz y Roble – Aguacate – Frijol presentaron un aumento importante mientras que en el modelo restante roble – brevo – maíz disminuyó después del establecimiento de los cultivos. Finalmente, la dominancia de Simpson, el modelo roble - brevo - maíz, fue el único que presentó un aumento lo que se corresponde con la disminución experimentada en la equidad (Tabla 66).

**Tabla 66.** Índices de biodiversidad de la mesofauna del suelo por modelo agroecológico.

| Índices de biodiversidad microfauna del suelo   | Años  |      |
|---|-------|------|
|   | 2018  | 2019 |
| <b>Abundancia (N)</b>                           |       |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 44    | 49   |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 6,60  | 9,4  |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 11,80 | 15,6 |
| <b>Riqueza específica (S)</b>                   |       |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 5     | 6    |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 2     | 5    |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 6     | 3    |
| <b>Diversidad de especies de Margalef (DMg)</b> |       |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 1,32  | 2,06 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 0,57  | 1,54 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 1,15  | 0,69 |
| <b>Equidad de Shannon-Wiener (H')</b>           |       |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 0,92  | 1,06 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 0,52  | 1,06 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 1,58  | 1,06 |
| <b>Dominancia (Simpson)</b>                     |       |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 0,53  | 0,51 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 0,67  | 0,25 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 0,23  | 0,51 |

Fuente. Equipo investigador

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 0,89, diversidad de Margalef 1,02 y dominancia de Simpson 0,53, indicando diversidad moderada y dominancia baja (Medrano, 2017). Los resultados generales son presentados en la tabla 67.

Al analizar cada predio de manera independiente, los indicadores de Shannon y Margalef se reducen mientras que la dominancia incrementa indicando que la diversidad de cada predio es inferior a la del municipio. Esto concuerda con lo expresado por Morales et al., (2015), quienes mencionan que los indicadores de Shannon y Simpson son más sensibles a la presencia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Morales-Salazar et al., 2015).

**Tabla 67.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén.

*Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La Playa, Norte de Santander.*

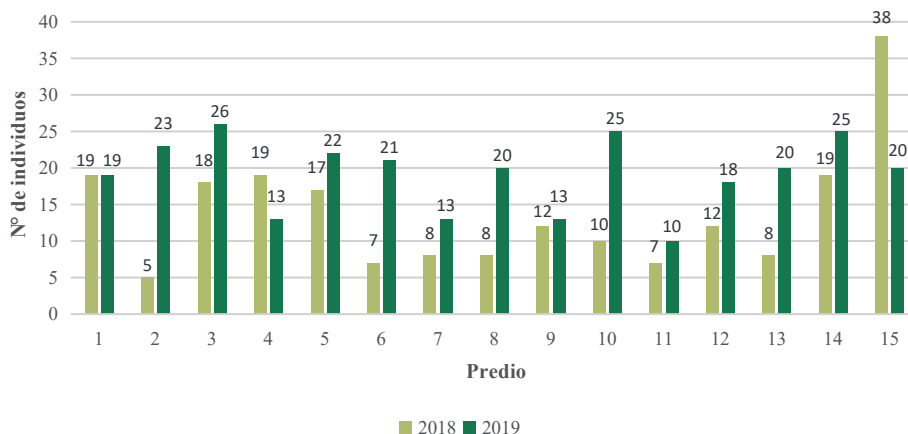
|   | 2018 | 2019 |
|---|------|------|
| Abundancia (N)  | 136  | 174  |
| Equidad de Shannon-Wiener (H')                        | 0,89 | 1,62 |
| Riqueza Específica (S)                                | 5    | 8    |
| Diversidad de Especies de Margalef (D <sub>Mg</sub> ) | 1,02 | 1,55 |
| Dominancia (Simpson)                                  | 0,53 | 0,23 |

Fuente. Equipo investigador

### Microfauna

Respecto a la abundancia, se identificaron 472 individuos en total de los cuales 184 fueron antes del establecimiento de los modelos agroecológicos y 288 después del establecimiento. Se tuvo una media de 12,26 individuos por predio antes del establecimiento frente a 19,2 luego del (desviación estándar 7,82 antes de implementar el modelo y 4,94 luego de establecido) (Figura 39).

**Figura 39.** Comparación de la distribución de la Abundancia de microfauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander para los años 2018 y 2019.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

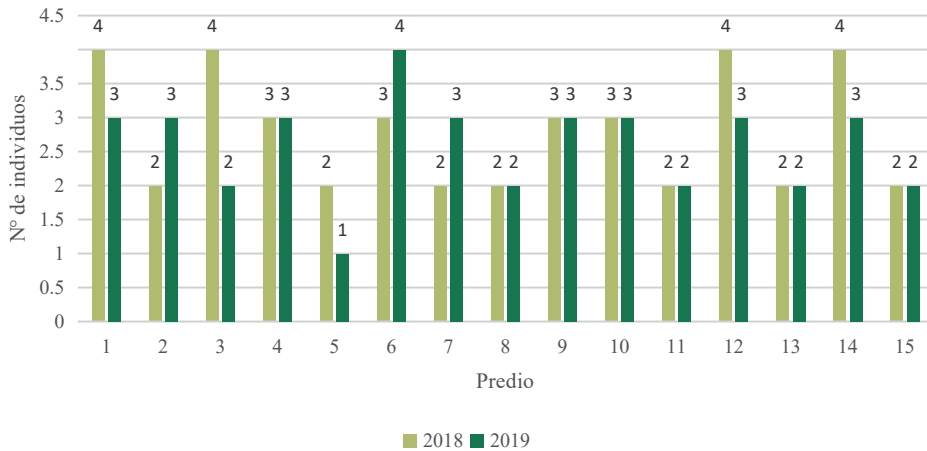
Al comparar la distribución de la abundancia entre los años 2018 y 2019 por modelo agroecológico, se obtuvo, que en el primer modelo conformado por Forestal – Aguacate – Fríjol, se presentó un aumento significativo en el predio El Porvenir, pasando de 5 a 23 individuos; caso contrario ocurrió en el predio San Agustín, en donde el número de individuos disminuyó de 19 a 13. En el segundo modelo agroecológico, Forestal – Aguacate – Maíz, en todos los predios se presentó aumento en el número de individuos, siendo significativo en los predios El Placer y El Rincón que aumentaron en 14 y 15 individuos respectivamente. Para el tercer modelo, Forestal – Maíz – Brevo, se destaca la disminución en el número de individuos, pasando de 38 en el 2018 a 20 en el 2019.

### Riqueza y diversidad

La riqueza específica fue de 8 especies con media de 1,47 y desviación estándar de 1,55 antes de la implementación de los modelos agroecológi-

cos y 2,6 la media con desviación estándar de 0,73 luego del establecimiento de los modelos (Figura 40).

**Figura 40.** Comparación de la Riqueza Específica de microfauna en 15 predios del municipio de La Playa, Norte de Santander años 2018 y 2019.



1: Predio Carrizal, 2: Predio El Porvenir, 3: Predio Los Pumarrosos, 4: Predio San Agustín, 5: Predio San Roque, 6: Predio El Placer, 7: Predio El Limón, 8: Predio El Filo, 9: Predio Llano Seco, 10: Predio El Rincón, 11: Predio La María, 12: Predio La Vaquera, 13: Predio Llano del Hato, 14: Predio Carrizalito, 15: Predio Mogotes.

Fuente. Equipo investigador

Se observa, una disminución casi generalizada para el total de predios en el número de individuos, salvo en el predio El Porvenir del modelo 1 y el predio El Limón perteneciente al modelo 2, reportando en ambos casos aumento en un individuo. En los predios San Agustín, EL Rincón, La María, llano del Hato y Mogotes, no se reportó aumento ni disminución en el número de individuos, mientras que, en los demás predios, se presentó disminución de individuos.

Al comparar los índices de biodiversidad de la microfauna del suelo en los años 2018 y 2019, se presentó incremento de la abundancia de especies en los tres modelos. En la riqueza específica, los modelos Roble – Aguacate- Maíz y Roble – Brevo – Maíz, presentaron un leve aumento (una especie), mientras que en el modelo Roble- Aguacate – Frijol se mantuvo igual. En la diversidad de Margaref, los modelos Modelo Roble – Aguacate –

Maíz y Modelo Roble – Brevo – Maíz, presentaron un ligero aumento, mientras que en el modelo Roble – Aguacate – Fríjol este indicador disminuyó con el establecimiento de los cultivos (Tabla 68).

**Tabla 68.** Índices de biodiversidad global de la microfauna del suelo por modelo agroecológico.

| Índices de biodiversidad microfauna del suelo   | Años |      |
|---|------|------|
|   | 2018 | 2019 |
| <b>Abundancia (N)</b>                           |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 78   | 103  |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 9    | 18,4 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 16,8 | 18,6 |
| <b>Riqueza específica (S)</b>                   |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 6    | 6    |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 5    | 6    |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 6    | 7    |
| <b>Diversidad de especies de Margalef (DMg)</b> |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 1,38 | 1,29 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 1,31 | 1,33 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 1,46 | 1,54 |
| <b>Equidad de Shannon-Wiener (H')</b>           |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 1,03 | 1,43 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 0,68 | 1,55 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 0,87 | 1,57 |
| <b>Dominancia (Simpson)</b>                     |      |      |
| Modelo Roble – Aguacate - Fríjol                | 0,04 | 0,31 |
| Modelo Roble – Aguacate – Maíz                  | 0,02 | 0,24 |
| Modelo Roble – Brevo – Maíz                     | 0,03 | 0,28 |

Fuente. Equipo investigador

Los índices de biodiversidad del municipio se presentaron de la siguiente manera: equidad de Shannon 1,58, diversidad de Margalef 1,15 y dominancia de Simpson 0,23, indicando diversidad moderada y dominancia baja antes de la implementación de los modelos (Medrano, 2017). Posterior a la



implementación la equidad de Shannon fue de 1,66, diversidad de Margalef 1,41 y dominancia de Simpson 0,25. Los resultados generales son presentados en la tabla 66 (Tabla 69).

**Tabla 69.** Índices de Biodiversidad global para el municipio de La Playa de Belén.

*Índices de Biodiversidad Global, Municipio de La Playa, Norte de Santander.*

|   | 2018 | 2019 |
|---|------|------|
| Abundancia (N)  | 184  | 288  |
| Equidad de Shannon-Wiener (H')                        | 1,58 | 1.66 |
| Riqueza Específica (S)                                | 6    | 8    |
| Diversidad de Especies de Margalef (D <sub>Mg</sub> ) | 1,15 | 1.41 |
| Dominancia (Simpson)                                  | 0,23 | 0.25 |

Fuente. Equipo investigador

**Paquetes agroecológicos implementados por parcelas, modelos y fincas**

Las prácticas agroecológicas realizadas en cada modelo agroecológico antes, durante y después, se describen a continuación (Tabla 70).

**Tabla 70.** Prácticas agroecológicas implementadas por parcela para los tres modelos agroecológicos antes, durante y después de sembrados los cultivos.

|         | Parcela Testigo   | Total | Parcela agroecológica   | Total |
|---------|---|-------|---|-------|
| Antes   | Alternativas agroecológicas durante el trazado de parcelas y acondicionamiento: trazado tres bolillos   | 5     | Alternativas agroecológicas durante el trazado de parcelas y acondicionamiento.   | 5     |
| Durante | Alternativas agroecológicas durante la siembra o plantación de cada parcela: abono orgánico, biofertilizantes, fertilizantes kelatados, biopesticidas (entomopatógenos y antagonistas). | 5     | Alternativas agroecológicas durante la siembra o plantación de cada parcela: abono orgánico, biofertilizantes, fertilizantes kelatados, biopesticidas (entomopatógenos y antagonistas). | 5     |

|  | <b>Parcela Testigo</b>   | <b>Total</b>                           | <b>Parcela agroecológica</b>   | <b>Total</b> |
|--|--|--|--|--------------|
|  | Coberturas vivas y muertas.  | 5                                      | Coberturas vivas y muertas.  | 5            |
|  | Policultivos   | 5                                      | Policultivos   | 5            |
|  | Asociación de cultivos.  | 5                                      | Asociación de cultivos.  | 5            |
|  | Abono orgánico.  | 5                                      | Abono orgánico   | 5            |
| Después                                | Medidas de cosecha, conservación y uso eficiente del agua:                     | 3                                      | Medidas de cosecha, conservación y uso eficiente del agua:                     | 3            |
|  | Protección de nacaderos  |  | Protección de nacaderos  |              |
|  | Cosecha de agua lluvia   |  | Cosecha de agua lluvia   |              |
|  | Construcción de pequeños embalses  |  | Construcción de pequeños embalses  |              |
|  | Acciones para ganar en eficiencia del riego                                    | 3                                      | Acciones para ganar en eficiencia del riego                                    | 3            |
|  | Acciones para eliminar pérdidas de agua en los sistemas de riego               | 3                                      | Acciones para eliminar pérdidas de agua en los sistemas de riego               | 3            |
|  | Medidas para la conservación de la fauna, la flora y otros recursos naturales: | 3                                      | Medidas para la conservación de la fauna, la flora y otros recursos naturales: | 3            |
|  | Acciones para proteger aves silvestres.  | 3                                      | Acciones para proteger aves silvestres.  | 3            |
|  | Acciones para reforestación en el predio.                                      | 3                                      | Acciones para reforestación en el predio.                                      | 3            |
|  | Acciones para mejorar la sombra y los árboles alrededor de las viviendas       | 3                                      | Acciones para mejorar la sombra y los árboles alrededor de las viviendas       | 3            |
| Acciones para implementar cercas vivas | 3  | Acciones para implementar cercas vivas | 3  |              |
| <b>Total</b>                           |  | <b>57</b>                              |  | <b>57</b>    |

Fuente. Equipo investigador

## Desarrollo de los cultivos en los modelos agroecológicos

### Población de plantas

Al comparar la población de plantas de los tres modelos agroecológicos durante los meses de noviembre de 2018 y febrero de 2019, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. El modelo agroecológico 3, forestal – brevo – maíz, presentó el valor más alto en cuanto a población en estos dos meses, con medias de 77,5% y 60,5% para noviembre y febrero respectivamente, mientras que el modelo agroecológico 2, forestal – aguacate – maíz presentó la población más baja en estos dos meses. En los tres modelos, se observa una disminución de la población a febrero de 2019 (Tabla 71).

**Tabla 71.** Resultados del ANOVA para la población durante los de los meses noviembre 2018 y febrero 2019 en el municipio de La Playa de Belén.

| Modelo        | Población noviembre                             |                      | Población febrero                               |                      |
|---------------|---|----------------------|---|----------------------|
|               | Media transformada<br>2arcoseno $\sqrt{\%/100}$ | Media retransformada | Media transformada<br>2arcoseno $\sqrt{\%/100}$ | Media retransformada |
| 1 R-A-F       | 1,85a   | 64,0                 | 1,68a   | 55,5                 |
| 2 R-A-M       | 1,75a   | 59,0                 | 1,49a   | 46,0                 |
| 3 R-B-M       | 2,15a   | 77,5                 | 1,78a   | 60,5                 |
| <b>CV (%)</b> | <b>107,03</b>                                   |                      | <b>89,80</b>                                    |                      |
| <b>EE*</b>    | <b>0,17</b>                                     |                      | <b>0,20</b>                                     |                      |

R: Roble, B: Brevo, A: Aguacate, F: Frijol, M: Maíz

\*. Letras desiguales en las columnas difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

Al comparar la población de las parcelas agroecológica y testigo teniendo en cuenta los tres modelos agroecológicos en los meses de noviembre de 2018 y febrero de 2019, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. Se observó una disminución de la población en ambas parcelas a febrero de 2019 (Tabla 72).

**Tabla 72.** Resultados del ANOVA para la población durante los meses de noviembre 2018 y febrero 2019 en el municipio de La Playa de Belén.

| Modelo        | Población noviembre                             |                      | Población febrero                               |                      |
|---------------|---|----------------------|---|----------------------|
|               | Media transformada<br>2arcoseno $\sqrt{\%/100}$ | Media retransformada | Media transformada<br>2arcoseno $\sqrt{\%/100}$ | Media retransformada |
| Agroecológica | 1,90a   | 66,0                 | 1,65a   | 54,0                 |
| Testigo       | 1,93a   | 68,5                 | 1,65a   | 53,8                 |
| <b>CV (%)</b> | <b>49,31</b>                                    |                      | <b>67,43</b>                                    |                      |
| <b>EE*</b>    | <b>0,14</b>                                     |                      | <b>0,17</b>                                     |                      |

\*Solo existe diferencia estadística cuando las letras son desiguales entre las medias en las columnas según prueba de Tukey para  $p < 0,05$

Fuente. Equipo investigador

Al comparar los grupos funcionales de cultivos en los meses de noviembre de 2018 y febrero de 2019, se observaron diferencias estadísticamente significativas, entre los cultivos transitorios con una media de 19,6% respecto a los forestales y semipermanentes en el mes de noviembre con medias de 84,8% y 89,6% respectivamente. Para el mes de febrero, todos los grupos funcionales de cultivos presentaron diferencias en sus medias poblacionales, siendo los semipermanentes los más poblados con una media de 92,5% y los menos poblados los transitorios con una media de 1,0%. Salvo los cultivos semipermanentes, los demás disminuyeron su población al mes de febrero (Tabla 73).

**Tabla 73.** Resultados del ANOVA para la Población durante los meses noviembre 2018 febrero 2019 en los diferentes grupos funcionales de cultivos en el municipio de La Playa de Belén.

| Modelo          | Población noviembre                             |                      | Población febrero                               |                      |
|-----------------|---|----------------------|---|----------------------|
|                 | Media transformada<br>2arcoseno $\sqrt{\%/100}$ | Media retransformada | Media transformada<br>2arcoseno $\sqrt{\%/100}$ | Media retransformada |
| Forestales      | 2,34a   | 84,8                 | 2,17b   | 78,0                 |
| Semipermanentes | 2,48a   | 89,6                 | 2,58a   | 92,5                 |
| Transitorios    | 0,92b   | 19,6                 | 0,20c   | 1,0                  |
| <b>CV (%)</b>   | <b>32,48</b>                                    |                      | <b>22,41</b>                                    |                      |
| <b>EE*</b>      | <b>0,11</b>                                     |                      | <b>0,07</b>                                     |                      |

\*. Letras desiguales en las columnas difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Fuente. Equipo investigador

## Dinámica del desarrollo de los cultivos por parcela

Se comparó la altura y le diámetro del cultivo forestal: roble de los tres modelos agroecológicos en los meses de enero, marzo y abril de 2019, encontrando un comportamiento similar entre la parcela testigo y la parcela agroecológica. En el caso de la altura, se presentó un aumento de 5,5cm en la parcela agroecológica y de 7,7cm en la parcela testigo al mes de abril. Para el caso del diámetro, la parcela agroecológica pasó de 0,81cm en enero a 1,05cm en abril, mientras que la parcela testigo pasó de 0,81cm en enero a 1,08cm en abril (Tabla 74).

**Tabla 74.** Resultado de la comparación de las variables altura y diámetro del roble entre las parcelas testigos y las agroecológicas para los SAF de los modelos 1, 2 y 3 en el municipio La Playa de Belén.

| Modelos agroecológicos 1, 2 y 3 | Parcela       | Enero    | Marzo    | Abril    |
|---------------------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Altura roble (cm)               | Agroecológica | 27,50 NS | 25,90 NS | 33,01 NS |
|                                 | Testigo       | 27,37 NS | 29,76 NS | 35,15 NS |
|                                 | CV (%)        | 37,51    | 33,99    | 30,58    |
| Diámetro roble (cm)             | Agroecológica | ,81 NS   | ,80 NS   | 1,05 NS  |
|                                 | Testigo       | ,81 NS   | ,76 NS   | 1,08 NS  |
|                                 | CV (%)        | 119,96   | 14,04    | 73,68    |

NS: No significación estadística entre las medias de las columnas para cada variable para  $p < 0,05$ .

Fuente. Equipo investigador

Se realizaron comparaciones de las variables de altura y diámetro del cultivo del aguacate para el modelo agroecológico 1 durante los meses de enero y abril. Se presentó comportamiento similar entre la parcela testigo y agroecológica para estas dos variables. Se obtuvo un crecimiento de 12cm y de de 10cm en para la parcela agroecológica y testigo respectivamente. En el diámetro, la parcela agroecológica pasó de 0,91cm en enero a 1,27cm en abril, mientras que la parcela testigo inició en 0,99cm en enero y finalizó con 1,28cm en abril (Tabla 75).

**Tabla 75.** Resultado de la comparación de las variables altura y diámetro del aguacate entre la parcela agroecológica y la testigo para el SAF del modelo 1 en el municipio La Playa de Belén.

| Modelo agroecológico 1 | Parcela       | Enero    | Febrero  | Marzo    | Abril    |
|------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Altura aguacate (cm)   | Agroecológica | 40,43 NS | 42,21 NS | 46,25 NS | 52,90 NS |
|                        | Testigo       | 41,62 NS | 42,32 NS | 47,98 NS | 51,22 NS |
|                        | CV (%)        | 18,29    | 24,28    | 29,42    | 31,92    |
| Diámetro aguacate (cm) | Agroecológica | ,91 NS   | ,95 NS   | 1,11 NS  | 1,27 NS  |
|                        | Testigo       | ,99 NS   | ,94 NS   | 1,14 NS  | 1,28 NS  |
|                        | CV (%)        | 61,94    | 14,07    | 21,87    | 21,84    |

NS: No significación estadística entre las medias de las columnas para cada variable para  $p < 0,05$ .

Fuente. Equipo investigador

En el cultivo del aguacate del modelo agroecológico 2, se realizó la comparación de las variables de altura y diámetro en el periodo comprendido entre enero y abril. Se obtuvo, que para estas dos variables en las parcelas agroecológicas y testigo el comportamiento fue similar. La parcela agroecológica presentó un crecimiento de 9,32cm mientras que la testigo 1,83cm en este periodo de tiempo. En el diámetro, la parcela agroforestal pasó de 0,89cm en enero a 1,21cm en abril y la parcela testigo de 0,87cm a 0,94cm en el mismo periodo de tiempo (Tabla 76).

**Tabla 76.** Resultado de la comparación de las variables altura y diámetro del aguacate entre la parcela agroecológica y la testigo para el SAF del modelo 2 en el municipio La Playa de Belén.

| Modelo agroecológico 2 | Parcela       | Enero    | Febrero  | Marzo    | Abril    |
|------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Altura aguacate (cm)   | Agroecológica | 35,87 NS | 38,94 NS | 43,61 NS | 48,26 NS |
|                        | Testigo       | 39,88 NS | 36,58 NS | 38,26 NS | 41,71 NS |
|                        | CV (%)        | 22,13    | 20,42    | 29,19    | 52,43    |
| Diámetro aguacate (cm) | Agroecológica | ,89 NS   | ,97 NS   | 1,11 NS  | 1,21 NS  |
|                        | Testigo       | ,87 NS   | ,89 NS   | ,84 NS   | ,94 NS   |
|                        | CV (%)        | 9,51     | 15,20    | 37,31    | 46,54    |

NS: No significación estadística entre las medias de las columnas para cada variable para  $p < 0,05$ .

Fuente. Equipo investigador

En el modelo agroecológico 3, se compararon las variables número de ramas y longitud de rama para el cultivo del brevo entre los meses de febrero y abril, se encontró un comportamiento similar entre la parcela agroecológica y la parcela testigo. El número de ramas, fue mayor en la parcela testigo al finalizar este periodo de tiempo, con una media de 4,03 frente a 3,86 de la parcela agroecológica. En cuanto a la longitud de las ramas, en la parcela testigo fue de 61,03cm respecto a 52,04cm de la parcela agroecológica en el mes de abril (Tabla 77).

**Tabla 77.** Resultado de la comparación de las variables número de ramas y longitud de la rama del brevo entre la parcela agroecológica y la testigo para el SAF del modelo 1 en el municipio La Playa de Belén.

| <b>Modelo agroecológico 3</b> | <b>Parcela</b> | <b>Febrero</b> | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> |
|-------------------------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| No de Ramas Brevo (cm)        | Agroecológica  | 2,95 NS        | 3,02 NS      | 3,86 NS      |
|                               | Testigo        | 2,99 NS        | 3,64 NS      | 4,03 NS      |
|                               | CV (%)         | 23,18          | 30,77        | 33,28        |
| Longitud Rama brevo (cm)      | Agroecológica  | 47,34 NS       | 49,13 NS     | 52,04 NS     |
|                               | Testigo        | 46,68 NS       | 51,46 NS     | 61,03 NS     |
|                               | CV (%)         | 39,63          | 41,79        | 43,22        |

NS: No significación estadística entre las medias de las columnas para cada variable para  $p < 0,05$ .

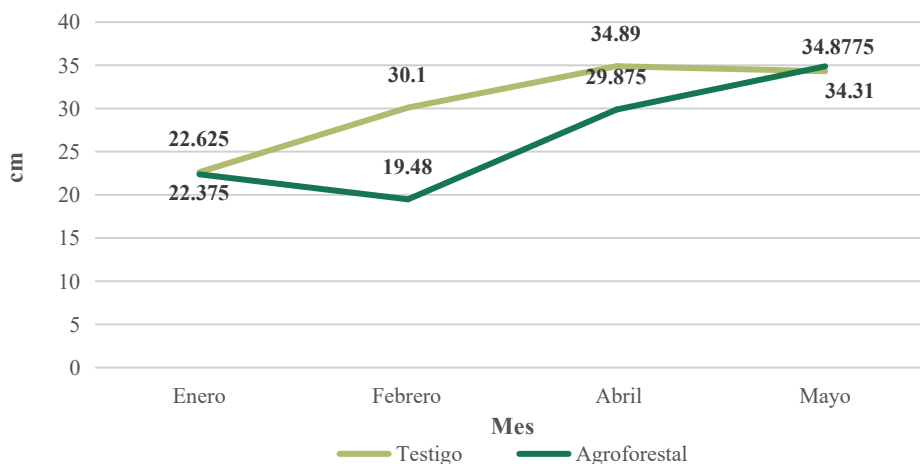
Fuente. Equipo investigador

## Variables morfométricas

### Modelo agroecológico 1

Al comparar la altura del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroforestal durante los meses de enero y mayo, se obtuvo un crecimiento muy similar, llegando al mes de mayo a medir 34,3cm y 34,8cm para la parcela testigo y la parcela agroforestal respectivamente (Figura 41).

**Figura 41.** Comparación de la altura cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 1

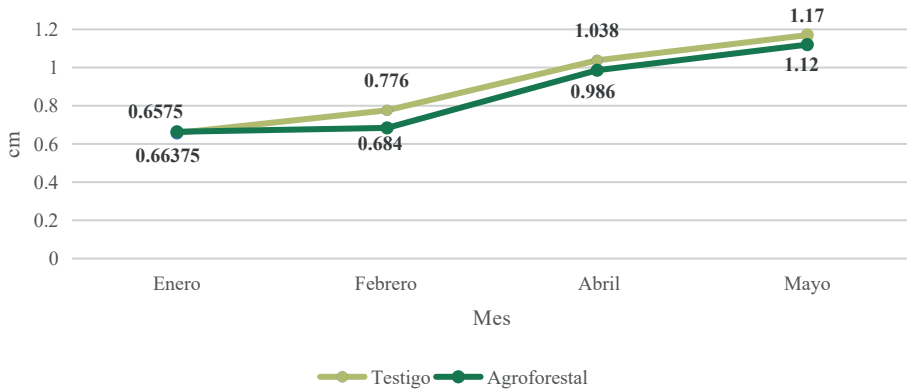


Fuente. Equipo investigador

La comparación del diámetro del tallo al mes de mayo, presentó una diferencia muy pequeña a favor de la parcela testigo frente a la agroecológica con medias de 1,17cm y 1,12cm respectivamente (Figura 42).



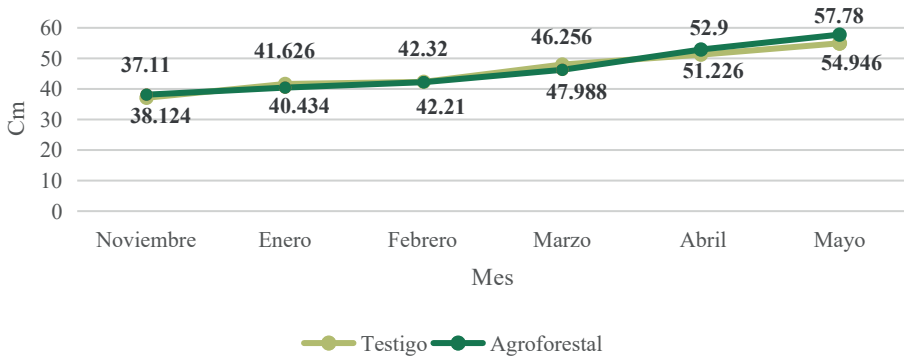
**Figura 42.** Comparación del diámetro de tallo cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 1.



Fuente. Equipo investigador

La altura para el cultivo del aguacate en ambas parcelas, fue medida desde el mes de noviembre de 2018 hasta el mes de mayo de 2019. Al finalizar este periodo de tiempo, la parcela agroforestal presentó el mayor crecimiento con una media de 57,78cm, siendo superior a la parcela testigo por 2,83cm (Figura 43).

**Figura 43.** Comparación de la altura del aguacate de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 2.

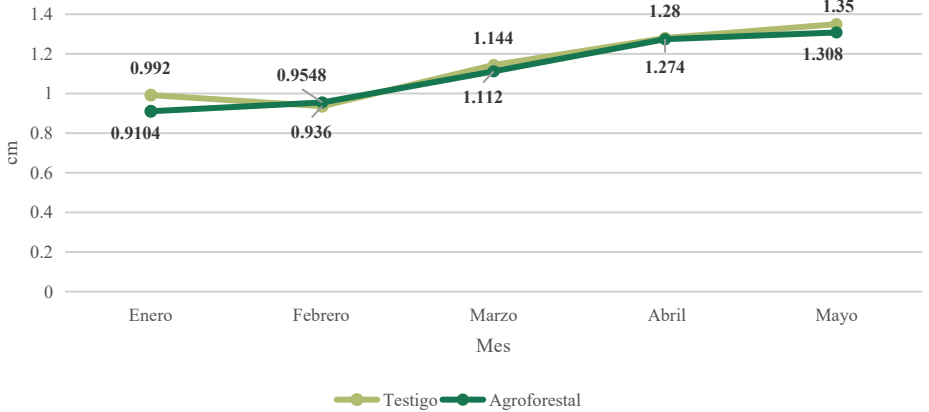


Fuente. Equipo investigador

La comparación del diámetro de tallo en el cultivo del aguacate en el modelo agroecológico 1, mostró datos muy similares entre las parcelas testigo y agroecológica. Al final del periodo de evaluación, es decir, el mes de

mayo, la parcela testigo tuvo una media de 1,35cm frente a 1,308cm de la parcela agroforestal (Figura 44).

**Figura 44.** Comparación del diámetro de tallo cultivo aguacate de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 1.

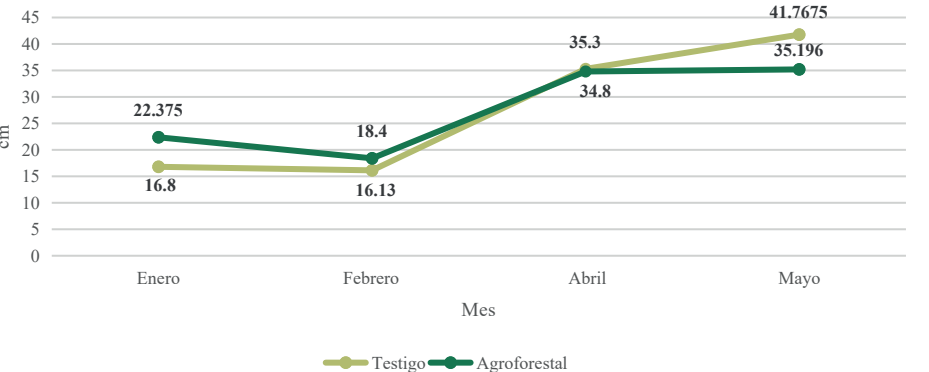


Fuente. Equipo investigador

### Modelo Agroecológico 2

La comparación de la altura del cultivo forestal de las parcelas testigo y agroecológica en el modelo agroecológico 2, muestra que en la parcela testigo, obtuvo en el mes de mayo una altura mayor, con una media de 41,76cm frente a 35,19cm de la parcela agroecológica (Figura 45).

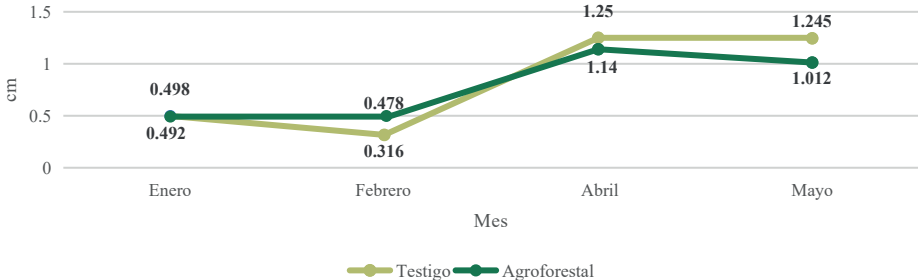
**Figura 45.** Comparación de la altura cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 2.



Fuente. Equipo investigador

Se comparó el diámetro del cultivo forestal durante los meses de enero, febrero, abril y mayo de 2019 en las parcelas testigo y agroecológica. Se observa una diferencia de 0,23cm, presentó la media más alta la parcela testigo (Figura 46).

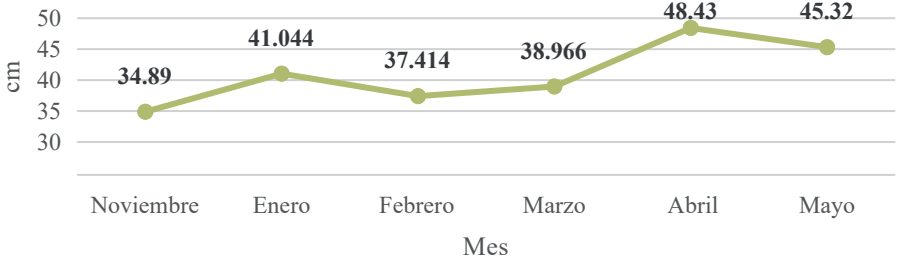
**Figura 46.** Comparación del diámetro del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 2.



Fuente. Equipo investigador

Para el cultivo del aguacate en el modelo agroecológico 2, se observa la dinámica de crecimiento en los meses de noviembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, iniciando con una media de 34,89cm y finalizando con una media de 45,32cm en el mes de mayo (Figura 47). Para la parcela agroecológica no se reportaron datos.

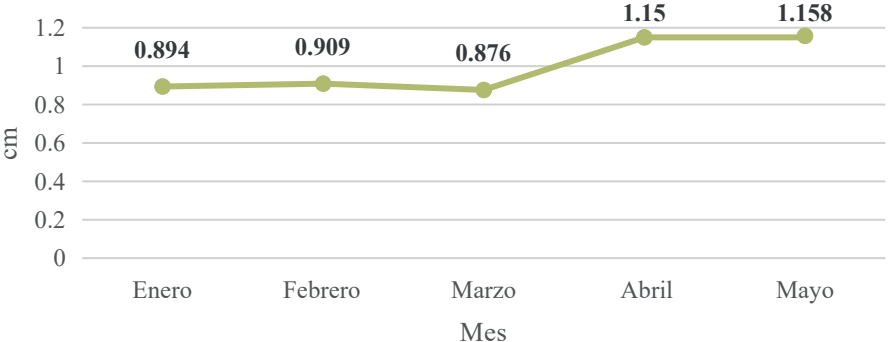
**Figura 47.** Altura del cultivo de aguacate de la parcela testigo en el modelo agroecológico 2.



Fuente. Equipo investigador

Se midió el diámetro de tallo del cultivo del aguacate en la parcela testigo del modelo agroecológico 2, durante los meses enero a mayo de 2019. Se obtuvo una media final de 1,158cm en el mes de mayo. Para la parcela agroecológica no se reportaron datos (Figura 48).

**Figura 48.** Diámetro del cultivo de aguacate de la parcela testigo en el modelo agroecológico 2.

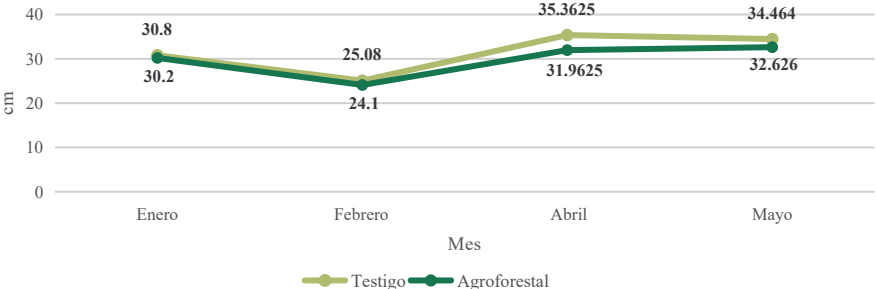


Fuente. Equipo investigador

### Modelo agroecológico 3

Se comparó la altura del cultivo forestal de las parcelas testigo y agroecológica en el modelo agroecológico 3, durante los meses de enero, febrero, abril y mayo de 2019. Se obtuvo un mejor crecimiento en la parcela testigo, con una media de 34,46cm, siendo superior por 1,84cm a la parcela agroecológica (Figura 49).

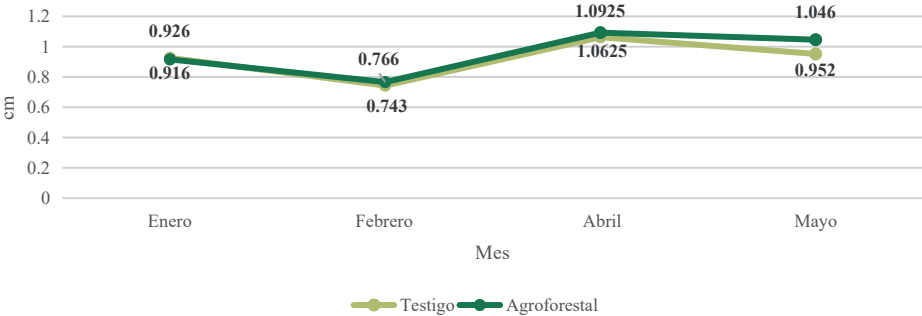
**Figura 49.** Comparación de la altura del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

En la variable diámetro de tallo, la parcela agroecológica presentó una media de 1,046cm siendo ligeramente superior frente a 0,952cm de la parcela testigo en el mes de mayo (Figura 50).

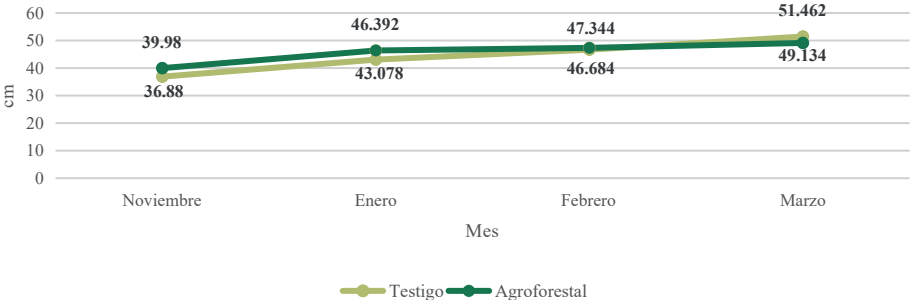
**Figura 50.** Diámetro de tallo del cultivo forestal de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

Para el cultivo del brevo en el modelo agroecológico 3, se realizó la comparación de la parcela testigo con la parcela agroforestal durante los meses de noviembre, enero, febrero y marzo. La parcela testigo, presentó una media más alta al terminar el periodo de evaluación, con una media de 51,46cm frente a 49,13cm de la parcela agroforestal (Figura 51).

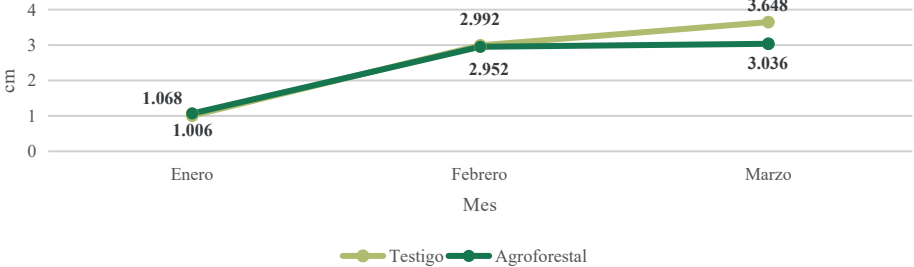
**Figura 51.** Comparación de la altura del cultivo de brevo de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

El diámetro en el cultivo del brevo, se evaluó durante los meses de enero a marzo de 2019 para la parcela testigo y la parcela agroecológica dentro del modelo agroecológico 3. La parcela testigo presentó un diámetro de tallo superior al de la parcela agroecológica con medias de 3,64cm y 3,03cm respectivamente (Figura 52).

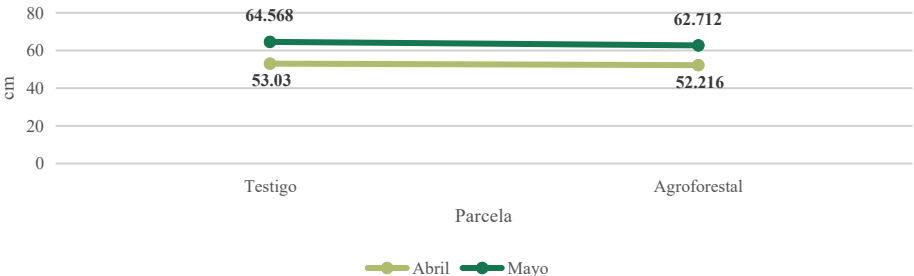
**Figura 52.** Comparación del diámetro de tallo del cultivo de brevo de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

Para la longitud de la rama más larga del cultivo del brevo en el modelo agroecológico 3, el testigo presentó un incremento de 11,53cm y la parcela agroforestal de 10,5cm del mes de abril al mes de mayo. Al comparar las medias finales de las dos parcelas, la testigo tuvo una mayor longitud de rama con una media de 64,56cm y la agroecológica de 62,71cm (Figura 53).

**Figura 53.** Comparación de la longitud de la rama más larga del cultivo de brevo de la parcela testigo con la parcela agroecológica en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

## Incidencia de plagas y enfermedades

### Presencia de plagas y enfermedades

Para el primer modelo se evidenció presencia de plagas en los cultivos de aguacate y frijol siendo la hormiga arriera y la babosa fueron las principales plagas respectivamente (Tabla 78).

**Tabla 78.** Presencia de plagas y enfermedades en el modelo roble aguacate frijol por cultivo del municipio La Playa de Belén.

| Incidencia de agentes nocivos (%) |                                 |                 |                         |                                 |                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cultivos / parcela testigo        |                                 |                 | Cultivos / experimental |                                 |                 |
| Roble                             | Aguacate                        | Frijol          | Roble                   | Aguacate                        | Frijol          |
|                                   | Hormiga arriera ( <i>Atta</i> ) | Babosa (Limaco) |                         | Hormiga arriera ( <i>Atta</i> ) | Babosa (Limaco) |
| Incidencia de biorreguladores (%) |                                 |                 |                         |                                 |                 |
|                                   | Mariquita (Coccinellidae)       |                 |                         | Mariquita (Coccinellidae)       |                 |

Fuente. Equipo investigador

Se presentaron controladores biológicos como Coleoptera:Coccinellidae (mariquita) que pudieron realizar efecto beneficioso en el frijol.

En el modelo roble-aguacate-maíz el cultivo forestal presentó presencia de un biorregulador: mariquita, específicamente en la parcela testigo, mientras que en la parcela agroecológica no hubo presencia de ningún agente. El cultivo del aguacate en la parcela testigo, presentó dos agentes biorreguladores: mariquita y mildeos, mientras que, en la parcela agroecológica, hubo presencia de falso medidor y hormiga arriera.

El cultivo del aguacate en la parcela testigo presentó el mildiu polvoso y en el maíz se presentó cogollero y la roya, mientras que, en la parcela agroecológica, hubo presencia del mildiu polvoso y hormiga arriera en aguacate y el cogollero y el falso medidor en maíz. En el forestal no se informó presencia de plagas en ninguna de las dos parcelas (Tabla 79).

**Tabla 79.** Presencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – aguacate – maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén.

| Incidencia de agentes nocivos (%)     |  |   |                         |  |   |
|---------------------------------------|--|---|-------------------------|--|---|
| Cultivos / parcela testigo            |  |   | Cultivos / experimental |  |   |
| Roble                                 | Aguacate                                       | Maíz  | Roble                   | Aguacate                                       | Maíz  |
|                                       | Mildio polvoso<br>( <i>Erysiphe polygoni</i> ) | Cogollero<br>( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) |                         | Mildio polvoso<br>( <i>Erysiphe polygoni</i> ) | Cogollero<br>( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) |
|                                       |  | Roya<br>( <i>Puccinia graminis</i> )          |                         | Hormiga arriera<br>( <i>Atta</i> )             | Falso medidor<br>( <i>Trichoplusia ni</i> )   |
| Incidencia de biorreguladores (%)     |  |   |                         |  |   |
| Mariquita<br>( <i>Coccinellidae</i> ) | Mariquita<br>( <i>Coccinellidae</i> )          |   |                         | Mariquita<br>( <i>Coccinellidae</i> )          |   |

Fuente. Equipo investigador

Al igual que en el modelo 1 la parcela del primero modelo en el de roble-aguacate-maíz se presentó el cultivo forestal y el aguacate la presencia de un biorregulador: mariquita, específicamente en la parcela testigo, así como en el aguacate de la parcela agroecológica.

En el tercer modelo roble-brevo-maíz, se presentó roya y cogollero para los cultivos de brevo y maíz respectivamente, lo anterior en las parcelas, mientras que el roble no tuvo presencia de ningún agente nocivo (Tabla 80).

**Tabla 80.** Presencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – brevo – maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén.

| Incidencia de agentes nocivos (%) |  |      |                         |  |   |
|-----------------------------------|--|------|-------------------------|--|---|
| Cultivos / parcela testigo        |  |      | Cultivos / experimental |  |   |
| Roble                             | Brevo  | Maíz | Roble                   | Brevo  | Maíz  |
|                                   | Roya<br>( <i>Phakospora nishidiana lto</i> ) |      |                         | Roya<br>( <i>Phakospora nishidiana lto</i> ) | Cogollero<br>( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) |

Fuente. Equipo investigador



## Incidencia de plagas y enfermedades

La incidencia de plagas en el modelo roble aguacate frijol, presentó a la hormiga arriera como el principal agente patógeno en el cultivo del aguacate en ambas parcelas, con una incidencia de 25,8% en ambos casos. Así mismo, se encontró presencia del biorregulador mariquita con una incidencia del 78% tanto en la parcela testigo como en la agroecológica. Por su parte, la babosa presentó una incidencia de 70% en únicamente atacando el cultivo del frío en la parcela agroecológica (Tabla 81).

**Tabla 81.** Incidencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – aguacate - maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén.

| Incidencia de agentes nocivos (%) |                            |          |        |                         |          |        |
|-----------------------------------|----------------------------|----------|--------|-------------------------|----------|--------|
| Plaga                             | Cultivos / parcela testigo |          |        | Cultivos / experimental |          |        |
|                                   | Roble                      | Aguacate | Frijol | Roble                   | Aguacate | Frijol |
| Hormiga arriera (Atta)            |                            | 25,8     |        |                         | 25,8     |        |
| Babosa (Limaco)                   |                            |          |        |                         |          | 70     |
| Incidencia de biorreguladores (%) |                            |          |        |                         |          |        |
| Mariquita (Coccinellidae)         |                            | 78       |        |                         | 78       |        |

Fuente. Equipo investigador

En el modelo 2, el cultivo del aguacate, presentó ataque de mildes en ambas parcelas, y de falso medidor y hormiga arriera en la parcela agroecológica. El maíz tuvo ataque de cogollero con 35% y 45% para la parcela testigo y agroecológica respectivamente, y roya en la parcela testigo con una incidencia media de 60% (Tabla 82). La mariquita (Coleoptera:Coccinellida), controlador biológico de amplio espectro presentó incidencia tanto en la parcela testigo como en la agroecológica específicamente en el cultivo del aguacate y en el forestal sólo en la parcela testigo, con una media de 15% en todos los casos.

**Tabla 82.** Incidencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – aguacate – maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén.

| Incidencia de agentes nocivos (%)          |                            |          |      |                         |          |      |
|--|----------------------------|----------|------|-------------------------|----------|------|
| Plaga                                      | Cultivos / parcela testigo |          |      | Cultivos / experimental |          |      |
|  | Roble                      | Aguacate | Maíz | Roble                   | Aguacate | Maíz |
| Mildeos ( <i>Erysiphe polygoni</i> )       |                            | 12       |      |                         | 14       |      |
| Cogollero ( <i>Spodoptera Frugiperda</i> ) |                            |          | 35   |                         |          | 45   |
| Roya ( <i>Puccinia graminis</i> )          |                            |          | 60   |                         |          |      |
| Falso medidor ( <i>Trichoplusia ni</i> )   |                            |          |      |                         | 20       |      |
| Hormiga arriera ( <i>Atta</i> )            |                            |          |      |                         | 24,4     |      |
| Agentes biorreguladores (%)                |                            |          |      |                         |          |      |
| Mariquita ( <i>Coccinellidae</i> )         | 15                         | 15       |      |                         | 15       |      |

Fuente. Equipo investigador

Las especies de *Coccinellidae* realizan control en cultivos agrícolas debido a que su alimentación se basa en especies Hemiptera. Ejercen una fuerte presión depredadora sobre sus poblaciones, convirtiéndose por ello en especies benéficas para el hombre (Milán, 2010).

La roya del brevo, la roya del maíz y el cogollero del maíz, fueron las dos plagas más importantes presentes en el modelo 3, afectando estos cultivos en ambas parcelas. Para el caso de la roya del brevo la incidencia media fue de 44% y 48% para la parcela testigo y agroecológica respectivamente y de 60% para la roya del maíz en la parcela agroecológica. El cogollero afectó al maíz con una incidencia de 21% en la parcela testigo y de 30% en la agroecológica (Tabla 83).

**Tabla 83.** Incidencia de plagas y enfermedades en el modelo roble – brevo - maíz por cultivo del municipio La Playa de Belén.

| Incidencia de agentes nocivos (%)                                    |                            |       |      |                         |       |      |
|--|----------------------------|-------|------|-------------------------|-------|------|
| Plaga  | Cultivos / parcela testigo |       |      | Cultivos / experimental |       |      |
|  | Roble                      | Brevo | Maíz | Roble                   | Brevo | Maíz |
| Roya ( <i>Phakospora nishidiana</i> lto y <i>Puccinia graminis</i> ) |                            | 44    |      |                         | 48    | 60   |
| Cogollero ( <i>Spodoptera Frugiperda</i> )                           |                            |       | 21   |                         |       | 30   |

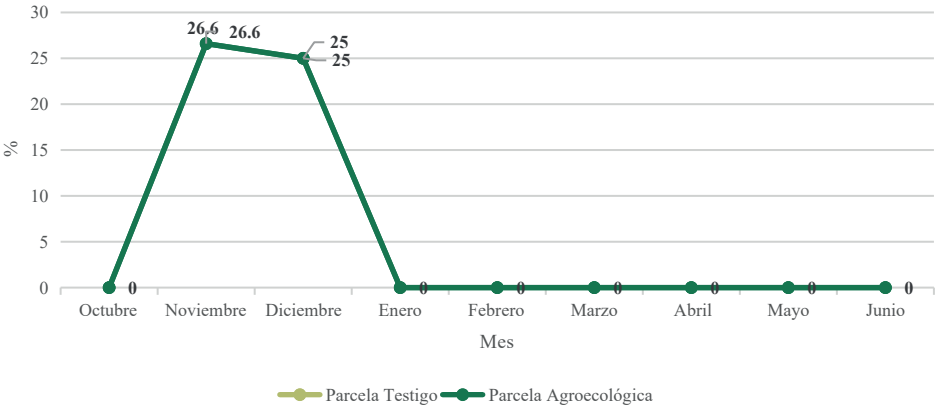
Fuente. Equipo investigador

La roya es de gran importancia económica en la agricultura debido a su potencial destructivo sobre los cultivos y forestales. La roya parasita tejidos jóvenes de las plantas siendo especialmente limitantes bajo sistemas de producción de monocultivos intensivos (Volcy y Pardo-Cardona, 1994; Buriticá, 2001; Cummins y Hiratsuka, 2003).

### Dinámica de plagas y enfermedades

En el modelo 1, en el cultivo de aguacate, se presentó la hormiga arriera como principal agente nocivo en los meses de noviembre y diciembre tanto en la parcela testigo como la agroecológica, presentando una disminución leve en su incidencia entre estos dos meses (Figura 54).

**Figura 54.** Dinámica de la principal plaga en el cultivo de aguacate en el modelo agroecológico 1.



Fuente. Equipo investigador

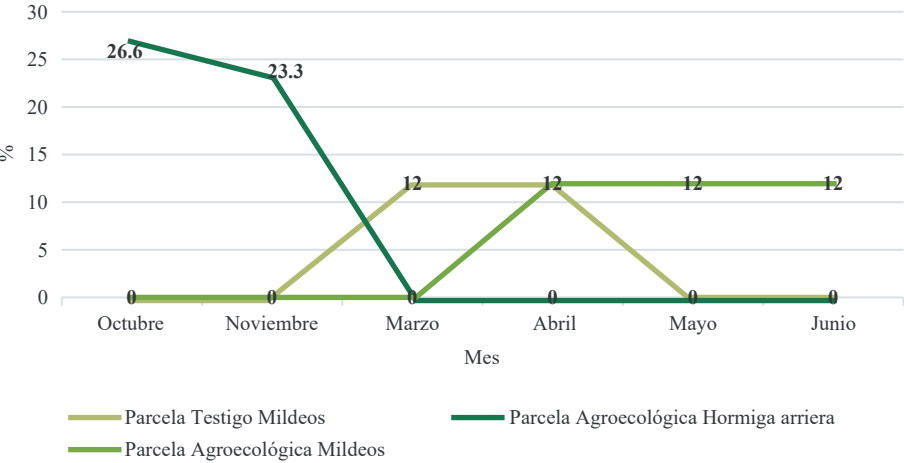
Para el cultivo del frijón en el modelo agroecológico 1, sólo se presentó ataque de babosa en la parcela testigo en el mes de noviembre, con una incidencia del 70%.

La aplicación de productos correctivos (Anexo 5), en especial Capsialil, logró reducir la incidencia de hormiga arriera en el cultivo del aguacate levemente para las dos parcelas del mes de noviembre al mes de diciembre del año 2018. Para el año 2019, este agente nocivo no reportó incidencia en este cultivo. Caso similar se dio en la parcela testigo en el mes de noviembre

para el cultivo de frijol, que reportó una incidencia de babosa, desapareciendo totalmente en los meses siguientes.

En el modelo agroecológico 2, las principales plagas del aguacate fueron la hormiga arriera en la parcela agroecológica en los meses de octubre y noviembre, presentando una disminución de 3,3% de su incidencia entre estos dos meses. El mildew, se presentó en ambas parcelas con una incidencia del 12% en los meses de abril, mayo y junio en la parcela agroecológica y de abril y mayo para el caso de la parcela testigo (Figura 55).

**Figura 55.** Dinámica de las principales plagas en el cultivo de aguacate en el modelo agroecológico 2.

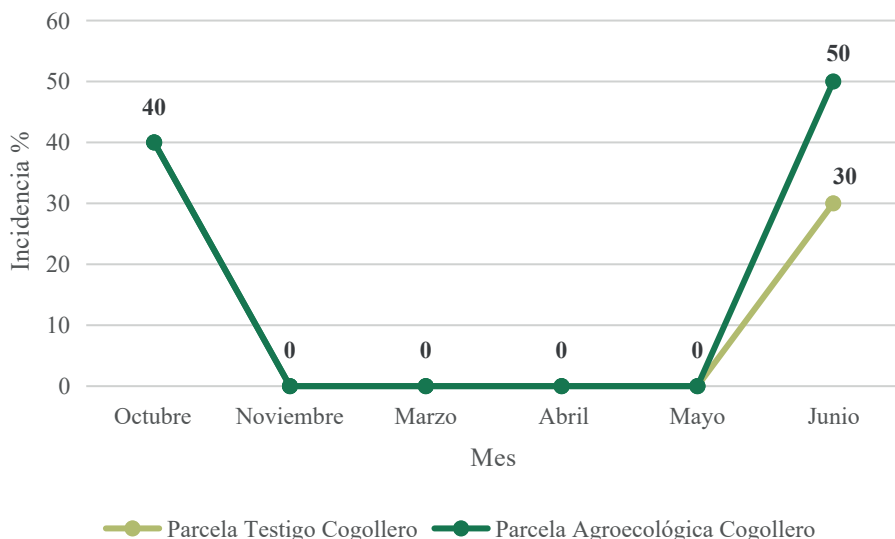


Fuente. Equipo investigador

Para el cultivo del maíz en el modelo agroecológico 2, la principal plaga fue el cogollero, que afectó a las dos parcelas en los meses de octubre y junio. En la parcela testigo, se presentó una disminución del 20% de la incidencia en estos meses, mientras que en la parcela testigo hubo un aumento del 10% (Figura 56).

La roya, presentó un ataque en la parcela testigo en el mes de mayo con una incidencia del 70%.

**Figura 56.** Dinámica de las principales plagas en el cultivo de maíz en el modelo agroecológico 2.



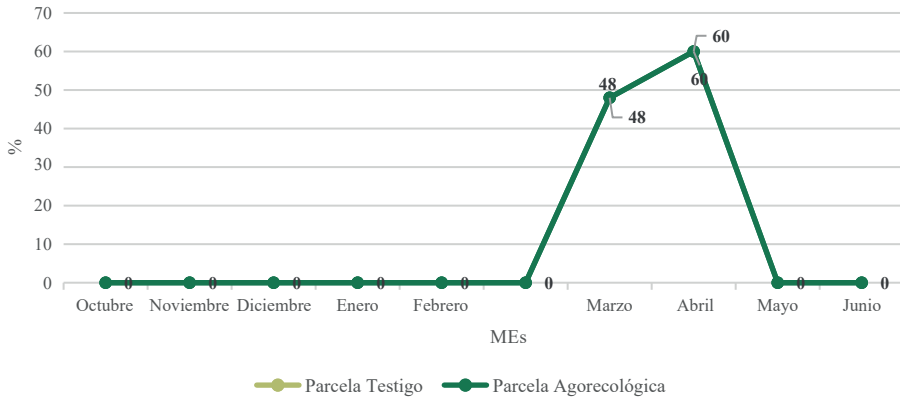
Fuente. Equipo investigador

Con las medidas de control implementadas (Anexo 5), se logró disminuir la presencia de hormiga arriera en la parcela agroecológica para el cultivo del aguacate en un 3,3% de octubre a noviembre de 2018, desapareciendo en los meses siguientes. Para el caso del mildes en ambas parcelas, las medidas correctivas no tuvieron una eficacia sobre este agente nocivo, manteniendo su incidencia en un 12% durante los meses de marzo a junio de 2019.

En el cultivo del maíz, la aplicación de Dipel, favoreció la disminución en la incidencia del cogollero en la parcela agroecológica y testigo a partir del mes de octubre de 2018 hasta mayo de 2019. Sin embargo, para el mes de junio de 2019, este agente nocivo se presentó nuevamente en este cultivo, ya que en estos meses no se continuó con las medidas preventivas.

En el modelo 3, específicamente en el cultivo de brevo, la roya fue la principal plaga que afectó a este cultivo. Tanto para la parcela testigo como para la parcela agroecológica, se reportaron incidencias de 48% y 60% en los meses de marzo y abril respectivamente (Figura 57), representando así, un aumento del 12%.

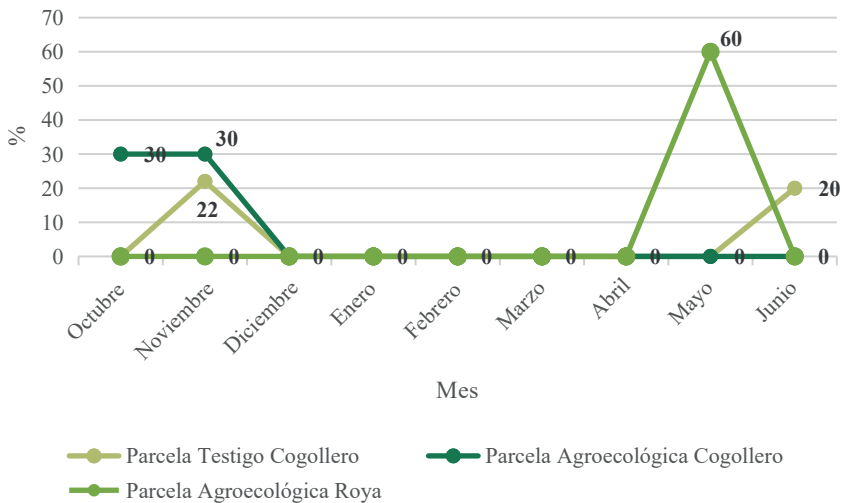
**Figura 57.** Dinámica de las principales plagas en el cultivo de brevo en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

En el cultivo del maíz del modelo agroecológico 3, se presentaron la roya y el cogollero como las principales plagas. Para la roya, sólo se presentó en el mes de mayo en la parcela agroecológica con una incidencia del 60%, mientras que el cogollero en los meses de noviembre y junio en la parcela testigo y octubre y noviembre en la parcela agroecológica (Figura 58).

**Figura 58.** Dinámica de las principales plagas en el cultivo de maíz en el modelo agroecológico 3.



Fuente. Equipo investigador

Para el cultivo de maíz, en la parcela testigo se evidenció una disminución del 20% en la incidencia del cogollero entre octubre de 2018 y junio de 2019, mientras que en la parcela testigo fue del 10%. Para el cultivo del brevo, estos productos no presentaron efectividad alguna, ya que la roya reportó un aumento en su incidencia del 12% para abril de 2019 en ambas parcelas. Las medidas correctivas que se implementaron lograron controlar el cogollero en el cultivo del maíz en ambas parcelas a partir del mes de diciembre de 2018, en donde no se evidenció incidencia sino hasta el mes de mayo, en donde la aplicación de estos productos no se llevó a cabo.

### Validación social de los modelos agroecológicos

A continuación, se presenta la matriz DAFO como resultado del taller participativo para la validación social de los modelos agroecológicos (Tabla 84).

**Tabla 84.** Matriz DOFA La Playa de Belén.

| FORTALEZAS   | OPORTUNIDADES  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* Contar con nuestros propios terrenos.</li> <li>* Contamos con el relieve, suelos y el clima óptimo para la implementación de los cultivos perennes y transitorios.</li> <li>* Nos entregaron material vegetal de excelente calidad.</li> <li>* Contamos con la asistencia técnica y acompañamiento por parte de profesionales calificados.</li> <li>* Hubo compromiso por parte de los profesionales que prestaron la asistencia técnica.</li> <li>* Aprendimos nuevas formas de trabajar y contamos hoy en día con cultivos tecnificados.</li> <li>* Conocimos y aprendimos a trabajar con productos biológicos y orgánicos</li> <li>* Tenemos propósitos de cambio.</li> <li>* Contamos con el apoyo de nuestras familias, nos integramos más y trabajamos juntos en todas las fases del proyecto.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Seguir cambiando nuestras prácticas agrícolas e implementar una agricultura más limpia y sostenible con el medio ambiente.</li> <li>* Producir aguacate de mejor calidad sin químicos que afecten nuestra salud y la de los consumidores.</li> <li>* Cultivar productos más sanos.</li> <li>* Mejorar nuestra calidad de vida y fortalecer la economía familiar al aumentar nuestros ingresos.</li> <li>* Generar empleo en la región.</li> <li>* Comercio insatisfecho de productos orgánicos en el mercado.</li> <li>* Producir alimentos que actualmente el mercado está demandando.</li> <li>* Acceder a nuevos mercados y recibir un mejor pago por nuestros productos.</li> <li>* Incentivar el mercadeo y comercialización de nuestros productos.</li> </ul> |

| <p>* Nos dotaron con equipos y herramientas adecuados para realizar las labores culturales a nuestros cultivos.</p> <p>* Se implementó una agricultura sana y ecológica.</p> <p>* Tomamos conciencia sobre la necesidad de cuidar nuestro entorno.</p> <p>* Estamos interesados en seguir adquiriendo conocimiento.</p> <p>* Tenemos la disponibilidad y el ánimo de trabajar.</p> <p>* Pudimos diversificar nuestros cultivos y buscar otra forma de generar ingresos.</p> |  |
|---|--|
| <b>DEBILIDADES</b>  | <b>AMENAZAS</b>  |
| <p>* Poca disponibilidad del recurso hídrico en la mayoría de los predios.</p> <p>* Pobreza nutricional de los suelos.</p> <p>* Fallas en los sistemas de riego.</p> <p>* Practicas negativas por la mayoría de agricultores como el uso de productos químicos.</p> <p>* Existencia de plagas con alta incidencia económica.</p>  | <p>* Fuertes veranos y aumento en la temperatura.</p> <p>* Fuertes inviernos.</p> <p>* Alta disminución del agua durante el verano.</p> <p>* Incidencia de plagas y enfermedades.</p> <p>* No saber manejar el cultivo en la etapa de formación.</p> <p>* No saber manejar el cultivo en la etapa productiva.</p> <p>* Continuar con las prácticas tradicionales ambiguas y negativas con el medio ambiente.</p> |

Fuente. Equipo investigador

### **ESTRATEGIAS FORTALESAS vs OPORTUNIDADES**

- Capacitar en Asociatividad, emprendimiento y mercadotecnia a los beneficiarios del proyecto.
- Asociarse o crear cooperativas.
- Buscar mercados especializados en comercialización de productos agroecológicos y establecer alianzas estratégicas.
- Comercialización directa con las grades plataformas comerciales evitando los intermediarios.
- Motivar el crecimiento y expansión del área cultivada por los agricultores.



## **ESTRATEGIAS DEBILIDADES vs OPORTUNIDADES**

- Establecer un sistema de riego apropiado que cubra satisfactoriamente el área cultivada y permita la futura expansión de los cultivos.
- Se deben buscar técnicas que permitan optimizar y conservar el recurso hídrico.
- Trabajar para conservar y mejorar los ecosistemas que contribuyen a la mejora de la producción agrícola.
- Aprovechar la disposición de los usuarios para seguir creando conciencia ambiental mediante un modelo de producción sostenible con el medio ambiente.

## **ESTRATEGIAS FORTALEZAS vs AMENAZAS**

- Buscar acuerdos con entes gubernamentales o universidades con el fin de recibir asistencia técnica apropiada y hacerles seguimiento a los cultivos en la etapa productiva y de formación.
- Asociarse o crear una cooperativa para que a través de esta puedan contratar asistencia técnica calificada.
- Una vez asociados deben gestionar proyectos a nivel local, departamental o nacional que permitan conseguir minidistributos de riego y elaboración de reservorios de agua.

## **ESTRATEGIAS DEBILIDADES vs AMENEZAS**

- Establecer el manejo Integrado de Plagas e implementar las buenas prácticas agrícolas.
- Solicitar al municipio la asistencia técnica profesional.
- Se requiere asociarse y contratar un profesional para para el servicio de todos los asociados.
- Conservar, reforestar los bosques y proteger las microcuencas.

A continuación, se presenta el análisis FODA del municipio de La Playa (Tabla 85)

**Tabla 85.** Análisis de la FODA la Playa de Belén.

|                  | <b>FORTALEZAS</b>  | <b>OPORTUNIDADES</b>  |
|------------------|--|---|
| Análisis interno | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Contar con nuestros propios terrenos.</li> <li>* Contamos con el relieve, suelos y el clima óptimo para la implementación de los cultivos perennes y transitorios.</li> <li>* Nos entregaron material vegetal de excelente calidad.</li> <li>* Contamos con la asistencia técnica y acompañamiento por parte de profesionales calificados.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Poca disponibilidad del recurso hídrico en la mayoría de los predios.</li> <li>* Pobreza nutricional de los suelos.</li> <li>* Fallas en los sistemas de riego.</li> <li>* Practicas negativas por la mayoría de agricultores como el uso de productos químicos.</li> <li>* Existencia de plagas con alta incidencia económica.</li> </ul> |
| Análisis externo | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hubo compromiso por parte de los profesionales que prestaron la asistencia técnica.</li> <li>* Aprendimos nuevas formas de trabajar y contamos hoy en día con cultivos tecnificados.</li> <li>* Conocimos y aprendimos a trabajar con productos biológicos y orgánicos.</li> <li>* Tenemos propósitos de cambio.</li> <li>* Contamos con el apoyo de nuestras familias, nos integramos más y trabajamos juntos en todas las fases del proyecto.</li> <li>* Nos dotaron con equipos y herramientas adecuados para realizar las labores culturales a nuestros cultivos</li> </ul> |   |

|  | <b>FORTALEZAS</b>  | <b>OPORTUNIDADES</b>  |
|--|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se implementó una agricultura sana y ecológica.</li> <li>* Tomamos conciencia sobre la necesidad de cuidar nuestro entorno.</li> <li>* Estamos interesados en seguir adquiriendo conocimiento.</li> <li>* Tenemos la disponibilidad y el ánimo de trabajar.</li> <li>* Pudimos diversificar nuestros cultivos y buscar otra forma de generar ingresos.</li> </ul>   |   |
| <b>Oportunidades</b>   | <b>Estrategias F vs O</b>  | <b>Estrategias D vs O</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* Seguir cambiando nuestras prácticas agrícolas e implementar una agricultura más limpia y sostenible con el medio ambiente.</li> <li>* Producir aguacate de mejor calidad sin químicos que afecten nuestra salud y la de los consumidores.</li> <li>* Cultivar productos más sanos</li> <li>* Mejorar nuestra calidad de vida y fortalecer la economía familiar al aumentar nuestros ingresos.</li> <li>* Generar empleo en la región.</li> <li>* Comercio insatisfecho de productos orgánicos en el mercado.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Capacitar en Asociatividad, emprendimiento y mercadotecnia a los beneficiarios del proyecto.</li> <li>* Asociarse o crear cooperativas.</li> <li>* Buscar mercados especializados en comercialización de productos agroecológicos y establecer alianzas estratégicas.</li> <li>* Comercialización directa con las grades plataformas comerciales evitando los intermediarios.</li> <li>* Motivar el crecimiento y expansión del área cultivada por los agricultores.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Establecer un sistema de riego apropiado que cubra satisfactoriamente el área cultivada y permita la futura expansión de los cultivos.</li> <li>* Se deben buscar técnicas que permitan optimizar y conservar el recurso hídrico.</li> <li>* Conservar, reforestar los bosques y proteger las microcuencas.</li> <li>* Trabajar para conservar y mejorar los ecosistemas que contribuyen a la mejora de la producción agrícola.</li> </ul> |

|   |   | * Aprovechar la disposición de los usuarios para seguir creando conciencia ambiental mediante un modelo de producción sostenible con el medio ambiente.  |
|---|---|--|
| <b>Amenazas</b>   | <b>Estrategias F vs A</b>   | <b>Estrategias D vs A</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* Fuertes veranos y aumento en la temperatura.</li> <li>* Fuertes inviernos.</li> <li>* Alta disminución del agua durante el verano.</li> <li>* Incidencia de plagas y enfermedades.</li> <li>* No saber manejar el cultivo en la etapa de formación.</li> <li>* No saber manejar el cultivo en la etapa productiva.</li> <li>* Continuar con las prácticas tradicionales ambiguas y negativas con el medio ambiente.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Buscar acuerdos con entes gubernamentales o universidades con el fin de recibir asistencia técnica apropiada y hacerles seguimiento a los cultivos en la etapa productiva y de formación.</li> <li>* Asociarse o crear una cooperativa para que a través de esta puedan contratar asistencia técnica calificada.</li> <li>* Una vez asociados deben gestionar proyectos a nivel local, departamental o nacional que permitan conseguir minidistritos de riego y elaboración de reservorios de agua.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Establecer el manejo Integrado de</li> <li>* Plagas e implementar las buenas prácticas agrícolas.</li> <li>* Solicitar al municipio la asistencia técnica profesional.</li> <li>* Se requiere asociarse y contratar un profesional para para el servicio de todos los asociados.</li> <li>* Conservar, reforestar los bosques y proteger las microcuencas.</li> </ul> |

Fuente. Equipo investigador

## PLAN DE ACCIÓN

### **Las principales recomendaciones por parte de los agricultores son:**

1. Implementar distritos de riego y reservorios.
2. Establecer sistemas de riego óptimos a la hora de utilizarlos.
3. Crear capacitaciones en Asociatividad, emprendimiento.
4. Realizar el acompañamiento técnico en la fase formación de los cultivos en la cosecha y pos cosecha.
5. Planear las reuniones según la disponibilidad de tiempo con que cuentan los usuarios.
6. Realizar un seguimiento futuro al proyecto.

### **Se recomienda para futuros proyectos:**

- \* Darles más participación a la mujer rural y a los jóvenes como modelo de inclusión social.
- \* Capacitar en asociatividad y emprendimiento a los beneficiarios para que en un futuro puedan: Buscar mercados especializados en comercialización de productos agroecológicos, establecer alianzas estratégicas, realizar la comercialización directamente con las grades plataformas comerciales evitando los intermediarios, contratar asistencia técnica calificada para sus cultivos y adquieran insumos más económicos.
- \* Bancarizar y dar a conocer las formas en que los agricultores pueden acceder a capital de trabajo.

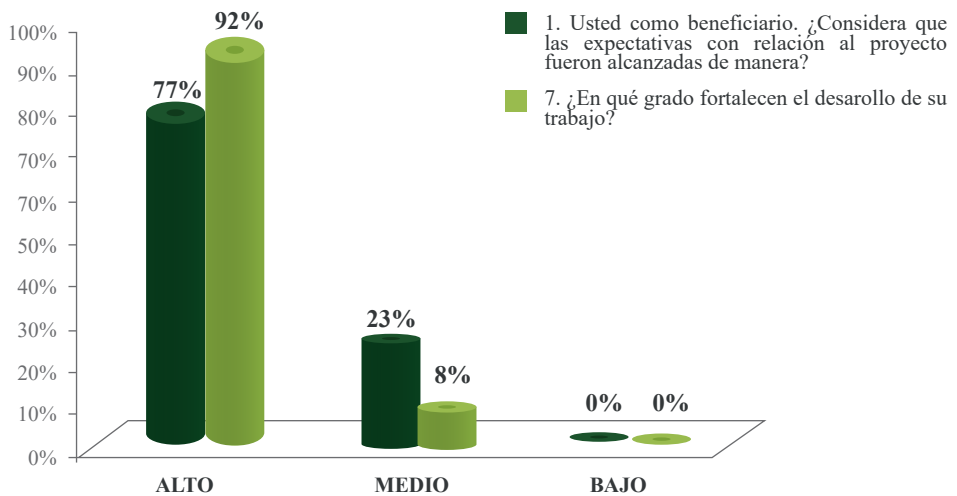
### **Impacto social**

- \* Para los agricultores que participaron en el Proyecto Plantar se les generó un cambio en su visión sobre el cambio.
- \* Tener integración familiar y compromiso ante un proyecto reforzó valores y genera un cambio en el futuro cercano en cuanto a la calidad de vida de las familias beneficiarias.
- \* Al poder trabajar la tierra, el proyecto le mostró a los agricultores que pueden diversificar los cultivos y generar ingresos económicos con alternativas que no conocían.
- \* En un futuro la región contara con una fuente sustentable de empleo, creando un impacto positivo en la calidad de vida de todos los habitantes de la zona.

- \* Se demostró que si se pueden llevar a cabo proyectos con responsabilidad social y que cumplan con las expectativas de los agricultores.

Frente a las expectativas generadas por el proyecto, se obtuvo que, en su gran mayoría, los agricultores quedaron satisfechos con el mismo. De la misma manera, opinaron que las actividades desarrolladas en el proyecto fortalecieron su trabajo diario (Figura 59)

**Figura 59.** Expectativas con relación al proyecto.



Fuente. Equipo investigador

La totalidad de los agricultores, manifestaron que participarían en proyectos similares. De igual manera, mostraron que ha comprendido los aspectos claves del proyecto y que han aumentado o mejorado sus capacidades a través de asistencia técnica y la transferencia de conocimiento, lo que los ha llevado a mejorar su calidad de vida (Figura 60).

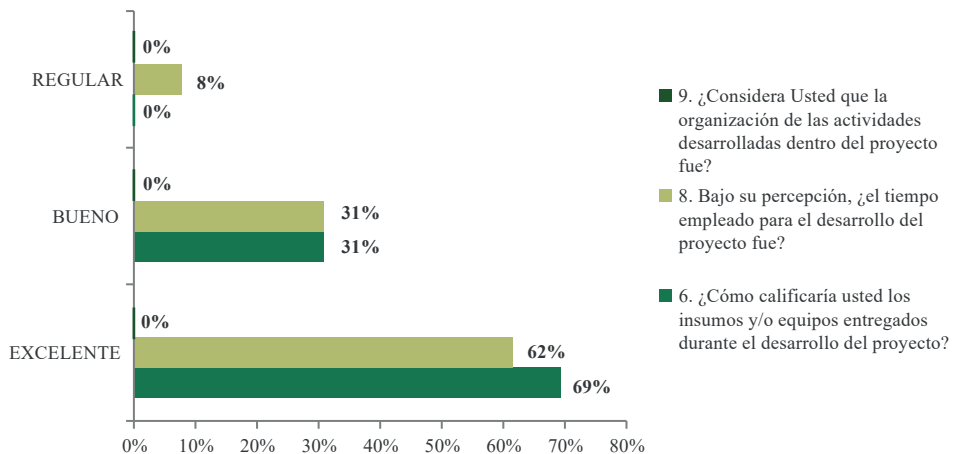
**Figura 60.** Opiniones frente al proyecto.



Fuente. Equipo investigador

En cuanto al tiempo de duración del proyecto, la gran mayoría de productores estuvieron de acuerdo a que fue el adecuado, al igual, que los insumos entregados por el mismo para el desarrollo de las actividades (Figura 61).

**Figura 61.** Opiniones frente a las actividades, tiempo e insumos entregados en el proyecto



Fuente. Equipo investigador

## CONCLUSIONES

Se seleccionaron tres modelos agroecológicos para el municipio de la Playa en consenso con los agricultores, teniendo en cuenta sus características ambientales. Se manejó un cultivo forestal común para todos los modelos, aguacate o brevo como cultivo semipermanente y frijol o maíz como cultivo transitorio. Asimismo, se definieron las variables de densidad poblacional, arreglos espaciales y distancia de siembra entre plantas.

Los principales aspectos socioeconómicos de las familias beneficiadas en el municipio de La Playa, radican en que son propietarios de los predios, que, además, están categorizados como minifundios ya que no superan las 15 ha de extensión. Así mismo, las labores explícitas derivadas de los sistemas de producción agropecuarios tienen como fuente de mano de obra a la familiar.

La caracterización agroeconómica de las fincas, mostró que el principal cultivo de la zona es el frijol seguido del maíz, derivando de estos productos la principal fuente de ingresos para las familias. Es de resaltar, que todas las fincas cuentan con sistema de riego y que por el contrario se carece de análisis físico químico y microbiológico del agua empleada en las labores productivas. En cuanto a los ingresos mensuales, la tercera parte de las familias no reciben un salario mínimo legal vigente al mes.

El conocimiento base de los agricultores en temas específicos de agroecología fue bajo, y se vio representado en la poca implementación y uso de prácticas agroecológicas en sus unidades de producción. Se resaltan falencias principalmente en temas como el manejo integrado de plagas, uso de entomófagos y fitoplaguicidas, biofertilizantes, micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno.

El análisis de correspondencia múltiple, permitió identificar cinco agrupaciones de fincas debido a prácticas agroecológicas comunes. Dentro de estas prácticas agroecológicas se destacan la rotación de cultivos, la implementación de policultivos, compostaje, barreras vivas y protección de naceros y bosques.



Las características del agua de los predios estudiados en el municipio, la catalogaron como apta para las labores agrícolas. La conductividad eléctrica, la dureza total y la relación de adsorción de sodio, presentaron diferencia estadística para las interacciones finca por modelo. La concentración de Na, Ca, Mg, Cl, HCO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> reflejaron diferencia estadística para la interacción finca por modelo. Luego del establecimiento de los modelos agroecológicos, se presentó diferencia para las variables de amonio y sulfatos registrando un aumento en su concentración en el modelo 1, bicarbonato en el modelo 2. En el modelo 3, se presentó un descenso en la concentración de hierro, cobre, zinc y boro luego del establecimiento de dicho modelo.

En la caracterización de los suelos, se puede resaltar el bajo contenido de materia orgánica y la presencia de roca en los primeros centímetros de profundidad. Así mismo variaciones en la presencia de macro y micronutrientes. La comparación de las variables agroquímicas, presentó diferencia estadística en 2 de los 22 elementos evaluados una vez establecidos los modelos agroecológicos. Así mismo, se presentaron pocas diferencias significativas dentro de cada modelo, siendo las más representativas N - NH<sub>4</sub>, cobre y cloruros para los modelos 1 y 2. Para el caso del modelo agroecológico 3, las variables C.I.C, cloruros, N - NH<sub>4</sub>, cobre y zinc. En cuanto a la clasificación taxonómica, se destacaron las siguientes: Typic Dystrudepts Fino, Typic Dystrudepts Franco, Typic Dystrudepts Fragmental y Fluventic Ustorthents Franco.

En los indicadores de biodiversidad en cuanto a macrofauna, mesofauna, microfauna y especies forestales, los predios evaluados presentaron baja riqueza específica, baja abundancia, diversidad media según índice de Margalef y Shannon-Wiener y baja dominancia de Simpson. La implementación de los modelos agroecológicos, causó una disminución de especies en la macrofauna, mesofauna y microfauna.

En cuanto al inventario forestal, se encontraron 56 especies distribuidas en 22 familias. Se presentaron baja riqueza específica, abundancia y dominancia de Simpson, diversidad media según índice de Margalef y Shannon.

El desarrollo de los cultivos, en cuanto a población de plantas, no presentó diferencias significativas, siendo el modelo agroecológico 3 el del mejor comportamiento con un 76% de población. Sin embargo, los tres modelos

registraron una reducción en la población al mes de febrero. Al comparar las parcelas testigo con las parcelas agroecológicas, se presentó comportamiento estadísticamente similar, con medias por encima del 71% para el mes de noviembre y superiores al 62,3% al mes de febrero.

En relación a las variables morfométricas no se evidenció ninguna diferencia entre la parcela testigo y la agroecológica. Esto se explica a que las dos parcelas se establecieron en un sistema similar y que las dosis de fertilizantes no fueron lo suficientemente elevadas para marcar diferencia entre ellas. En la Playa los modelos se comportaron con bastante desarrollo y aunque el maíz tuvo dificultades en el primer ciclo en el segundo el maíz zynko mostró más adaptabilidad, considerándose más exitosos los modelos Roble-Brevo-Maíz y Roble-Aguacate-Frijol.

La incidencia de agentes nocivos en los modelos agroecológicos se dio en la mayoría de los cultivos. La Arañita tejedora y minador en cultivo de limón del modelo 1. Lorito verde, arañita tejedora y pulgón: en cedro y aguacate y cogollero en maíz para las dos parcelas del modelo 2 y en el modelo 3 no se presentaron plagas.

La validación social del proyecto, identificó aspectos claves, tales como el gran nivel de satisfacción de los productores vinculados, ya que, gracias a las actividades realizadas, insumos, equipos y herramientas entregadas, así como las capacitaciones y el conocer un nuevo modelo de producción, se cumplieron con las expectativas de ellos y se logró mejorar su calidad de vida.

Se logró, que el productor vea en un modelo de producción agroecológico, un estilo de producción sostenible desde el punto de vista técnico, productivo y ambiental.

El acompañamiento constante a través de un programa de asistencia técnica, permite que el productor tenga más confianza en los nuevos modelos de producción sostenible, permitiendo comparar con los modelos de producción tradicional.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A. (2007): El cambio climático y la actividad agraria cubana, situación del sector forestal. Conferencia magistral IV Congreso Forestal de Cuba. La Habana, del 17 al 20 de abril.
- Amett, R., & Thomas, M. (2000). American beetles Achostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphyliniformia. Nort America: CRC Press.
- Ariza Cortés, W., Toro, J., & Lores, A. (2009). Análisis florístico y estructura de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia).
- Barba, A., Espinosa, J., & Suris, M. (2015). Adopción de prácticas para el manejo agroecológico de plagas en la sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) en Azuero, Panamá, *Rev. Protección Veg.* 30(2):104-114
- Benckiser, G. 2018. Fauna in soil ecosystems. Recycling Processes, Nutrient Fluxes, and Agricultural Production. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL. USA.
- Buriticá P. (2001). Descubriendo ancestros de la uredinales. *Rev Acad Colom Cien.* 25:395-401.
- Carvalho, J. (1972). Mirideos Neotropicales CXLVI: Genero Monalunion H-S., 1853 (Hemiptera). Museu Nacional, Rio de Janeiro GB.
- Castañeda-Vildosola, A., Valdez-Carrasco, J., Equihua- Martinez, A., Gonzales- Hernández, H., Romero-Nápoles, J., Solis- Aguilar, J., & Ramirez-Alarcon, S. (2007). Systematics, Morhology an Physiology Genitalia de tres especies de *Helipus* German (Coleoptera: Curculionidae) que dañan frutos de aguacate (*Persea americana* mill) en México y Costa Rica. *Neotropical Entomology*, 914- 918.
- Clavijo, N.L. (2004). Evaluación de conocimiento agroecológico en horticultores orgánicos y convencionales de la zona norte de Cartago, Costa Rica, *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 58:37-48.
- Díaz Azpiazu, M., González Cairo, V., Palacios-Vargas, J., & Lucíañez Sánchez, M. (2004). Clave Dicotómica Para La Determinación De Los Colémbolos De Cuba (Hexapoda: Collembola). *Boln. S.E.A.*, 73-83.

- EdoRed. (2018). *Pteridium aquilinum*. Cuba: Conocimiento con todos y para todos. Francis, J. (1990). *Syzygium jambos*, Myrtaceae Familia de los mirtos.
- FAO. (2018). Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- FAO (2010). Situación mundial de la agroecología. Discurso del director general de la FAO en la ceremonia celebrada en la sede de la FAO en ocasión del día mundial de la alimentación de 2010. Disponible en <http://www.fao.org/spanish/dg/2010/>
- FAO. (2007). Situación de los bosques del mundo. Boletín anual sobre la situación de la reforestación, ONU, Roma, 157 p.
- Foumier, L., & Herrera, M. (1985). Recuperación del bosque en el Premontano Húmedo y Muy Húmedo del Cantón de Mora, Costa Rica. Cantón de Mora, Costa Rica: Fournier Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
- García-Álvarez, A. & Bello, A. (2004). Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. León, España. p. 211.
- Gentry, A. (1995). Diversity and Floristic Composition of Neotropical Dry Forests.
- Helmer, D. J., Cubides, A., López, M.C., Pinzón, E.,M., Filigrana, P., & Cassiani, C. (2011). Muestreo por conglomerados en encuestas poblacionales. *Revista De Salud Pública = Journal of Public Health*, 13(1), 141-151. <https://search.proquest.com/docview/1677642138?accountid=47900>
- Hernández, C.A., & Faye, K. (2017). Papel de la gestión del conocimiento en el aprovechamiento de los recursos naturales, la generación de tecnologías que agregan valor a productos agropecuarios y la restauración del equilibrio ecológico en las cooperativas campesinas. *DELOS* 3, (7): 8 p.

- Hernández, R.M. Morros, M. E. Bravo C. Al. Pérez, Z. L. Herrera P. Emilio; Ojeda, A., Morales, J. B. & Fernández B. O. (2011). La integración del conocimiento local y científico en el manejo sostenible de suelos en agroecosistemas de sabanas. *Interciencia*, 36 (2):104-112.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). Normas y especificaciones para los levantamientos de suelos. Bogotá: Imprenta Nacional.
- Madrigal, A. (2003). Insectos forestales en Colombia. Editorial Marín Viecco Ltda. Medellín. 848 p.
- Milán Vargas, Ofelia. (2010). Los coccinélidos benéficos en Cuba. *Historia y actividad entomófaga*. *Fitosanidad*, 14(2), 127-135.
- Montoya, J., Chacón, P., & del Rosario, M. (2006). Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 32(2): 151-158
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). Objetivos y metas del desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- Nicosia, S., Falco, L., Castro, R., Sandler, R., & Coviella, C. (2020). Estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso. *Cienc. Suelo (Argentina)* 38 (1): 72-80.
- Pérez, M., & Marasas, M.E. (2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas* 22(1):36-43. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.07.
- Pound, B. (2003). *Agroforestería para la producción animal*. México: Nacional. Staff, S. S. (2014). *Keys to soil taxonomy*. Washintong: USDA.

- Riestra, J. (2018). Las Dimensiones del Desarrollo Sostenible como Paradigma para la Construcción de las Políticas Públicas en Venezuela. *Rev. Tekhné*, 21 (1): 024-033
- Sánchez, M., Castañeda, R., & Castañeda, M. (2016). Usos y potencialidad de la Higuierilla (*Ricinus communis*) en sistemas agroforestales en Colombia.
- Sarandón, S.J., & Flores. C.C. (2014). La Agroecología: el enfoque para una agricultura sustentable. En: *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Capítulo 2. Coordinado por Santiago Javier Sarandón y Claudia Cecilia Flores. - 1ra ed.: Universidad Nacional de La Plata. - La Plata, Argentina, p. 42-69.
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36 (1): 5-13.
- Socla, (2009). *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. SOCLA. Medellín, Colombia.
- Vasconcelos, H. L. 1989. Foraging activity of two species of leaf-cutting ants (*Atta*) in a primary forest of the central Amazon. *Insectes Sociaux* 37: 131-145
- Villanueva, D., García, R., & Montoya Lerma, J. (2017). Nidos de *Atta Cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) En Sistemas Cafeteros Contrastantes, Departamento Del Cauca, Colombia. *Boletín Científico Centro De Museos Museode Historian*, 139-150.
- Volcy C, Pardo-Cardona V. (1994). *Principios de micología*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Zinck, A. (1987). *Physiography and soils*. Bogotá: IGAC.







ISBN: 978-628-95731-0-7



UNIVERSIDAD  
DE PAMPLONA