



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE BIOLOGÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS
EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO”**

TESIS

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA
AMBIENTAL**

PRESENTA

CONSTANTINO SAUCEDO LEÓN

Licenciado en ingeniería industrial

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MARÍA ALCALÁ DE JESÚS

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. OMAR AGUILAR GARCÍA

Morelia, Mich., Agosto de 2019.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco encarecidamente a CONACYT por el apoyo económico otorgado durante los dos años para estudiar el posgrado ya que de lo contrario no hubiera sido posible la culminación del mismo.

Agradezco al Laboratorio de Edafología (Edificio B-4) de la facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por darme todas las facilidades para trabajar en los análisis de suelo.

Agradezco al Instituto Tecnológico Del Valle De Morelia por darme la oportunidad de utilizar parte de sus instalaciones para la ejecución de los experimentos necesarios para este trabajo.

Al Laboratorio de Edafología del Instituto Tecnológico Del Valle De Morelia por el apoyo en la realización de análisis de suelo.

A mi asesora la Dra. María Alcalá De Jesús, Co-asesor el Dr. Omar Aguilar García y sinodal Dr, Alejandro Romero Bautista por la paciencia y apoyo que tuvieron hacia mí, ya que son sin duda pieza clave en la realización de este proyecto.

A los sinodales. Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez y Dra. Jazmín Carreón Abud por la confianza y disponibilidad que me brindaron en cada una de las fases de este proyecto.

.

ÍNDICE

I. ÍNDICE DE FIGURAS	9
II. ÍNDICE DE CUADROS	15
RESUMEN	24
ABSTRACT	25
1. INTRODUCCIÓN.	26
2. DEFINICIONES.....	28
2.1 Suelo	28
2.2 Calidad	28
2.3 Calidad del suelo	28
2.4 Indicador.....	28
2.5 Principales indicadores de calidad del suelo	29
2.5.1 Físicos	29
2.5.2 Químicos	29
2.5.3 Biológicos	30
2.5.4 Visuales.....	30
2.6 Indicadores de calidad de suelo más utilizados	30
2.6.1 Indicadores físicos.....	31
2.6.2 Textura.	31
2.6.3 Densidad aparente (DAP).	31
2.6.4 Estructura.	31
2.6.5 Estabilidad de los agregados.	31
2.6.6 Profundidad efectiva.....	32
2.6.7 Porosidad.	32
2.7 Indicadores químicos.....	32
2.7.1 pH.....	32
2.7.2 Materia orgánica (MO).....	32
2.7.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	33
2.7.4 Conductividad eléctrica.	33

2.7.5 Bases intercambiables.	33
2.7.6 Macronutrientes.....	33
2.7.6.1 Nitrógeno (N).	34
2.7.6.2 Fósforo (P).	34
2.7.6.3 Potasio (K).....	34
2.8 Disponibilidad de agua en el suelo.....	34
2.8.1 Agua gravitacional.....	34
2.8.2 Agua no disponible.....	35
2.8.3 Agua higroscópica.....	35
2.8.4 Agua disponible.....	35
2.8.5 Capacidad de Campo.....	35
2.8.6 Punto de Marchitez Permanente (PMP).	36
2.8.7 Capilares.	36
2.9 Grados brix.....	36
2.10 Clorofila.	36
3. ANTECEDENTES.....	37
4. JUSTIFICACIÓN.	42
5. HIPÓTESIS.	44
6. OBJETIVOS.	44
6.1. General.....	44
6.2. Específicos.....	44
7. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	45
7.1 Descripción por municipio	45
7.2 Álvaro Obregón.	45
7.3 Charo.....	46
7.4 Indaparapeo.	47
7.5 Tarímbaro.....	48
7.6 Suelos del área.	48
8. MATERIALES Y MÉTODOS.	50
8.1 Selección de los sitios de estudio.....	51

8.2 Descripción, colecta y preparación de los suelos.....	53
8.3 Aspectos generales del invernadero y del experimento.	56
8.4 Conformación de macetas y bloques de experimentación.	56
8.5 Siembra.	58
8.5.1 Siembra de calabacita (Cucurbita pepo).	59
8.5.2 Siembra de maíz (Zea mays).	60
8.5.3 Siembra de jitomate (Solanum lycopersicum).	60
8.6 Aclareo.	61
8.7 Variables de respuesta.....	61
8.7.1 Método de medición	62
8.7.1.1 Calabacita	62
8.7.1.2 Maíz.....	62
8.7.1.3 Jitomate.....	63
8.8 Cuidados del cultivo	63
8.8.1 Irrigación.....	63
8.8.2 Fertilización	64
8.8.3. Control de plagas	65
8.9. Análisis de datos	65
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
9.1 Esquemas de fertilización y las variables de respuesta.	69
9.2 Análisis de los indicadores de calidad del suelo.....	70
9.3 Análisis estadístico de la calabacita.	72
9.3.1 Variables de respuesta y sitios de estudio.	72
9.3.2 Indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta.	74
9.4 Análisis estadístico del Maíz.	77
9.4.1 Variables de respuesta y sitios de estudio.	77
9.4.2. Indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta.	80
9.5 Análisis estadístico del Jitomate.....	82
9.5.1 Variables de respuesta y sitios de estudio.	82
9.5.2. Indicadores de calidad del suelo y variables de respuesta.....	84
10. CONCLUSIONES.....	87

11. RECOMENDACIONES	89
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
13. ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO	95
14. ANEXO II ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	107
14.1 Esquemas de fertilización y las variables de respuesta.	107
14.2 Indicadores de calidad del suelo y los sitios de extracción del suelo.	107
14.2 .1 pH.....	110
14.2.2 Conductividad Eléctrica (CE).....	112
14.2.3 Materia Orgánica (MO).....	114
14.2.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	116
14.2.5 Saturación de bases (SB).....	118
14.2.5 Densidad real (DR).....	120
14.2.6 Densidad aparente (DAP).	121
14.2.7 Textura	123
14.2.7 Espacio poroso (EP).....	125
14.2.8 Cationes Ca, Mg, Na y K.	127
14.2.8.1 Calcio (Ca).	127
14.2.8.2 Magnesio (Mg).	129
14.2.8.3 Sodio (Na).	130
14.2.8.4 Potasio (K).....	131
14.2.9 Nitrógeno y Fosforo (N y P).....	132
14.2.9.1 Nitrógeno (N).....	133
14.2.9.2 Fosforo (P).	134
14.3 Variables de respuesta y los sitios de extracción de suelo.....	136
14.3.1 Variables de respuesta de la calabacita y los sitios de extracción.	136
14.3.1.1 Altura	137
14.3.1.2 Peso de los frutos.....	141
14.3.1.3 Número de hojas.	144
14.3.1.4 Grosor de tallo.....	147
14.3.1.5 Clorofila.	152
14.3.1.6 Grados brix.	154

14.3.2 Variables de respuesta del maíz y los sitios de extracción.....	157
14.3.2.1 Altura.	157
14.3.2.2 Grosor de tallo.	161
14.3.2.3 Número de hojas.	169
14.3.2.5 Peso del fruto de maíz.....	176
14.3.2.6 Porcentaje de grano y hoja.....	183
14.3.3 Variables de respuesta del jitomate y los sitios de extracción.....	186
14.3.3.1 Altura.	186
14.3.3.2 Grosor del tallo.	190
14.3.3.3 Numero de hojas.	196
14.3.3.4 Número de racimos.	198
14.3.3.4 Clorofila.	202
14.3.3.5 Peso de los frutos de jitomate.	205
14.4 Indicadores de calidad del suelo y variables de respuesta.....	209
14.4.1 Indicadores de calidad y variables de la calabacita.....	211
14.4.1.1 pH.....	211
14.4.1.2 Conductividad eléctrica (CE).	213
14.4.1.3 Potasio (K).....	214
14.4.1.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	215
14.4.1.5 Arcilla.....	216
14.4.1.6 Saturación de bases (SB).....	217
14.4.1.7 Espacio porosos (EP).....	218
14.4.1.8 Fosforo (P).	219
14.4.2 Indicadores de calidad y variables del maíz.	221
14.4.2.1 pH.....	221
14.4.2.2 Conductividad eléctrica (CE) y la Materia orgánica (MO).....	224
14.4.2.3 Calcio (Ca).	226
14.4.2.4 Sodio (Na).	227
14.4.2.5 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	229
14.4.2.6 Textura	230
14.4.2.7 Saturación de bases (SB).....	231
14.4.2.8 Espacio poroso (EP).....	232

14.4.2.9	Nitrógeno (N).....	235
14.4.3	Indicadores de calidad y variables del jitomate.	236
14.4.3.1	pH.....	237
14.4.3.2	Conductividad eléctrica (CE).	238
14.4.3.3	Materia orgánica y calcio (MO y Ca).	239
14.4.3.4	Sodio (Na).	241
14.4.3.5	Potasio (K).....	242
14.4.3.6	Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	242
14.4.3.7	Arcilla.....	244
14.4.3.8	Espacio poroso y nitrógeno (EP y N).....	246

I. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio.	45
Figura 2. Diagrama metodológico.	50
Figura 3. Distribución de los sitios de estudio. Tomado de Alemán (2013).	51
Figura 4. Localización de los sitios de estudio.	53
Figura 5. Sitio de trabajo.	56
Figura 6. Bloques de experimentación	57
Figura 7. Esquema del análisis estadístico.	66
Figura 8. ANOVA del pH y los sitios de extracción del suelo	110
Figura 9. ANOVA del pH y los sitios de extracción del suelo por municipio.	111
Figura 10. ANOVA de la CE y los sitios de extracción del suelo	112
Figura 11. ANOVA de la CE y los sitios de extracción del suelo por municipio.	113
Figura 12. ANOVA de la MO y los sitios de extracción del suelo.	114
Figura 13. ANOVA de la MO y los sitios de extracción del suelo por municipio.	115
Figura 14. ANOVA de la CIC y los sitios de extracción del suelo.	116
Figura 15. ANOVA de la CIC y los sitios de extracción del suelo por municipio.	117
Figura 16. ANOVA de la SB y los sitios de extracción del suelo.	118
Figura 17. ANOVA de la SB y los sitios de extracción del suelo por municipio.	119
Figura 18. ANOVA de la DR y los sitios de extracción del suelo.	120
Figura 19. ANOVA de la DAP y los sitios de extracción del suelo.	121
Figura 20. ANOVA de la DAP y los sitios de extracción del suelo por municipio.	122
Figura 21. ANOVA de la textura y los sitios de extracción del suelo.	123
Figura 22. ANOVA de la arcilla y los sitios de extracción del suelo por municipio.	124

Figura 23. ANOVA del EP y los sitios de extracción del suelo.	125
Figura 24. ANOVA del EP y los sitios de extracción del suelo por municipio.	126
Figura 25 ANOVA de los cationes y los sitios de extracción del suelo.	127
Figura 26. ANOVA del Ca y los sitios de extracción del suelo por municipio.	128
Figura 27. ANOVA del mg y los sitios de extracción del suelo por municipio.	129
Figura 28. ANOVA del Na y los itios de extracción del suelo por municipio.	130
Figura 29. ANOVA del K y los Sitios de extracción del suelo por municipio.	131
Figura 30. ANOVA del N y P con los sitios de extracción del suelo por municipio.	132
Figura 31. ANOVA del N y los sitios de extracción del suelo por municipio.	133
Figura 32. ANOVA del P y los sitios de extracción del suelo por municipio.	134
Figura 33. ANOVA de la altura de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.	137
Figura 34. ANOVA de la altura a hoja de la calabacita y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	138
Figura 35. Gráfico ANOVA de la altura a hoja de la calabacita y los sitios de extracción de Indaparapeo	139
Figura 36. ANOVA del peso de los frutos de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	141
Figura 37. ANOVA del peso de los frutos de la calabacita y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	142
Figura 38. ANOVA del peso de los frutos de la calabacita en Indaparapeo.	143

Figura 39. Grafico ANOVA del número de hojas de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	144
Figura 40. Gráfico ANOVA del número de hojas de la calabacita por municipio.	146
Figura 41. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	147
Figura 42. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita por municipio.	149
Figura 43. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita en Tarímbaro.	150
Figura 44. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita en Indaparapeo y Álvaro Obregón.	151
Figura 45. ANOVA de la clorofila de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	153
Figura 46. ANOVA de la clorofila de la calabacita por municipio.....	154
Figura 47. ANOVA de los grados brix de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	155
Figura 48. ANOVA de los grados brix de la calabacita por municipio.	156
Figura 49. ANOVA de la altura del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	158
Figura 50. ANOVA de la altura del maíz por municipio.	159
Figura 51. ANOVA de la altura del maíz en Tarímbaro.	160
Figura 52. ANOVA del grosor del tallo del maíz y los sitios de extracción del suelo.	161
Figura 53. ANOVA del grosor del tallo del maíz por municipio.....	163
Figura 54. ANOVA del grosor del tallo del maíz en Tarímbaro.....	165
Figura 55. ANOVA del grosor del tallo del maíz en Charo	166
Figura 56. ANOVA del grosor del tallo del maíz en Indaparapeo.....	168
Figura 57. ANOVA del número de hojas del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	170
Figura 58. ANOVA del número de hojas del maíz por municipio.....	172
Figura 59. ANOVA del número de hojas del maíz en Charo.	173

Figura 81. ANOVA de la clorofila del jitomate y los sitios de extracción del suelo.	202
Figura 82. ANOVA de la clorofila del jitomate por municipio.	203
Figura 83. ANOVA de la clorofila del jitomate en Tarímbaro.	204
Figura 84. ANOVA del peso de los frutos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.	206
Figura 85. ANOVA del peso de los frutos del jitomate por municipio.	207
Figura 86. ANOVA del Peso de los frutos del jitomate en Álvaro Obregón.	208
Figura 87. ANOVA del pH de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.	212
Figura 88. ANOVA de la CE de la calabacita, la altura a cogollo y el grosor del tallo.	213
Figura 89. ANOVA del K de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.	214
Figura 90. ANOVA de la CIC de la calabacita y el grosor del tallo.	215
Figura 91. ANOVA de la arcilla de la calabacita, la altura a cogollo y el grosor del tallo.	216
Figura 92. ANOVA de la SB de la calabacita y la altura al cogollo.	217
Figura 93. ANOVA del EP de la calabacita y la altura a hoja y al cogollo.	218
Figura 94. Gráfico ANOVA del P de la calabacita y altura a cogollo y hoja.	219
Figura 95. ANOVA del P de la calabacita, el número de hojas y grados brix.	220
Figura 96. ANOVA del pH del maíz y el grosor del tallo.	222
Figura 97. ANOVA del pH del maíz y el peso de los frutos del maíz.	223
Figura 98. ANOVA de la CE y la MO del maíz y el número de hojas.	225
Figura 99. ANOVA de la MO y el peso de los frutos del maíz.	226
Figura 100. ANOVA del Ca y el grosor del tallo del maíz.	227
Figura 101. ANOVA del Na y la altura del maíz.	228
Figura 102. ANOVA del Na y el peso del fruto del maíz.	229

Figura 103. ANOVA del CIC y el grosor del tallo del maíz.	230
Figura 104. ANOVA de la arcilla y el peso del fruto del maíz.	231
Figura 105. ANOVA de la SB, el grosor del tallo y el número de hojas del maíz.....	232
Figura 106. ANOVA del EP, la altura y el número de hojas del maíz.	233
Figura 107. ANOVA del EP y la clorofila del maíz.	234
Figura 108. ANOVA del EP y el peso de los frutos del maíz.	235
Figura 109. Gráficos ANOVA del N, el peso de los frutos y el numero de hojas del maíz.	236
Figura 110. ANOVA del pH, el grosor del tallo y el peso de los frutos del jitomate.....	237
Figura 111. ANOVA de la CE, la altura, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.....	239
Figura 112. ANOVA de la MO, el Ca y el grosor del tallo del jitomate.....	240
Figura 113. ANOVA del Na, la altura y el peso de los frutos del jitomate.....	241
Figura 114. ANOVA del K y el grosor del tallo del jitomate.	242
Figura 115. ANOVA de la CIC, la altura, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.....	243
Figura 116. ANOVA de la arcilla y la altura del jitomate.....	244
Figura 117. ANOVA de la Arcilla, el grosor del tallo y el número de racimos.....	245
Figura 118. ANOVA del EP, el N y el grosor del tallo del jitomate.....	246

Cuadro 25	Análisis estadístico del pH y las variables de respuesta del maíz.	80
Cuadro 26	Análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta del maíz.	81
Cuadro 27	Análisis del jitomate por municipio.	83
Cuadro 28	Valores críticos del análisis del jitomate por municipio.	83
Cuadro 29	Análisis del jitomate al interior de los municipios.	83
Cuadro 30	Valores Críticos del Análisis del jitomate al interior de los municipios.	84
Cuadro 31	Análisis estadístico del pH y las variables de respuesta del jitomate.	85
Cuadro 32	Análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta del jitomate.	85
Cuadro 33	Desempeño de municipios por cultivo.	89
Cuadro 34	Sitios de extracción del suelo.	108
Cuadro 35	Indicadores de calidad del suelo.	108
Cuadro 36	Resultados de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del suelo.	109
Cuadro 37	ANOVA del pH y los sitios de extracción del suelo por municipio.	111
Cuadro 38	TUKEY del pH y los sitios de extracción del suelo por municipio.	112
Cuadro 39	ANOVA de la CE y los sitios de extracción del suelo por municipio.	113
Cuadro 40	TUKEY de la CE y los sitios de extracción del suelo por municipio.	114
Cuadro 41	ANOVA de la MO y los sitios de extracción del suelo por municipio.	115
Cuadro 42	TUKEY de la MO y los sitios de extracción del suelo por municipio.	116

Cuadro 43 ANOVA de la CIC y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	117
Cuadro 44 ANOVA de la SB y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	118
Cuadro 45 TUKEY de la SB y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	120
Cuadro 46 ANOVA de la DAP y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	121
Cuadro 47 TUKEY de la DAP y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	122
Cuadro 48 ANOVA de la arcilla y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	124
Cuadro 49 TUKEY de la arcilla y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	124
Cuadro 50 ANOVA del EP y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	125
Cuadro 51 TUKEY de EP y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	126
Cuadro 52 ANOVA del Ca y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	127
Cuadro 53 TUKEY del Ca y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	128
Cuadro 54 ANOVA del Mg y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	129
Cuadro 55 ANOVA del Na y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	130
Cuadro 56 ANOVA del K y los itios de extracción del suelo por municipio. .	131
Cuadro 57 ANOVA del N y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	133
Cuadro 58 TUKEY del N y los sitios de extracción del suelo por municipio.....	134

Cuadro 59 ANOVA del P y los sitios de extracción del suelo por municipio.	134
Cuadro 60 TUKEY del P y los sitios de extracción del suelo por municipio.	135
Cuadro 61 Variables de respuesta de los cultivos.	136
Cuadro 62 Sitios de extracción del suelo.	136
Cuadro 63 Variables de respuesta de la calabacita.	136
Cuadro 64 ANOVA de la altura a hoja de la calabacita y los sitios de extracción del suelo por municipio.	138
Cuadro 65 ANOVA de la altura a hoja de la calabacita en Indaparapeo.	139
Cuadro 66 TUKEY de la altura a hoja de la calabacita en Indaparapeo.	140
Cuadro 67 ANOVA del peso de los frutos de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.	141
Cuadro 68 ANOVA del Peso de los frutos de la Calabacita por municipio. ...	142
Cuadro 69 ANOVA del peso de los frutos de la calabacita en Indaparapeo.	143
Cuadro 70 TUKEY del peso de los frutos de la calabacita en Indaparapeo.	143
Cuadro 71 ANOVA del número de hojas de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.	144
Cuadro 72 TUKEY del número de hojas de la calabacita y los Sitios de extracción del suelo.	145
Cuadro 73 ANOVA del número de hojas de la calabacita por municipio.	145
Cuadro 74 TUKEY del número de hojas de la calabacita por municipio.	146
Cuadro 75 ANOVA del grosor del tallo de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.	147
Cuadro 76 Tukey del grosor del tallo de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.	148
Cuadro 77 ANOVA del grosor del tallo de la calabacita por municipio.	148
Cuadro 78 TUKEY del grosor del tallo de la calabacita por municipio.	149
Cuadro 79 TUKEY del grosor del tallo de la calabacita en Tarímbaro.	150

Cuadro 80 TUKEY del grosor del tallo de la calabacita en Indaparapeo y Álvaro Obregón.	151
Cuadro 81 ANOVA de la clorofila de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	152
Cuadro 82 ANOVA de la clorofila de la calabacita por municipio.	153
Cuadro 83 ANOVA de los grados brix de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.....	155
Cuadro 84 ANOVA de los Grados brix de la Calabacita por municipio.	155
Cuadro 85 Variables de respuesta del maíz.....	157
Cuadro 86 ANOVA de la altura del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	157
Cuadro 87 ANOVA de la altura del maíz por municipio.....	158
Cuadro 88 ANOVA de la altura del maíz en Tarímbaro.	159
Cuadro 89 TUKEY de la altura del maíz en Tarímbaro.	160
Cuadro 90 TUKEY del Diámetro menor del Maíz y los Sitios de extracción del suelo.....	162
Cuadro 91 TUKEY del Diámetro mayor del Maíz y los Sitios de extracción del suelo.....	162
Cuadro 92 ANOVA del grosor del tallo del maíz por municipio.	163
Cuadro 93 TUKEY del diámetro menor del maíz por municipio.	164
Cuadro 94 ANOVA del grosor del tallo del maíz en Tarímbaro.	164
Cuadro 95 TUKEY del grosor del tallo del maíz en Tarímbaro.....	165
Cuadro 96 ANOVA del grosor del tallo del maíz en Charo.....	166
Cuadro 97 TUKEY del grosor del tallo del maíz en Charo.	167
Cuadro 98 ANOVA del grosor del tallo del maíz en Indaparapeo.	167
Cuadro 99 TUKEY del grosor del tallo del maíz en Indaparapeo.....	169
Cuadro 100 ANOVA del número de hojas del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	170
Cuadro 101 TUKEY del número de hojas del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	170
Cuadro 102 ANOVA del número de hojas del maíz por municipio.	171

Cuadro 103 ANOVA del número de hojas del maíz en Charo.....	172
Cuadro 104 TUKEY del número de hojas del maíz en Charo.	173
Cuadro 105 ANOVA de la Clorofila del Maíz y los Sitios de extracción del suelo.....	174
Cuadro 106 ANOVA de la clorofila del maíz por municipios.	175
Cuadro 107 TUKEY de la clorofila del maíz en Charo.	176
Cuadro 108 ANOVA del peso de los frutos del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	177
Cuadro 109 ANOVA del peso de los frutos del maíz por municipios.....	178
Cuadro 110 TUKEY del peso de los frutos del maíz por municipios.	179
Cuadro 111 ANOVA del peso de los frutos del maíz en Tarímbaro.	180
Cuadro 112 TUKEY del peso de los frutos del maíz en Tarímbaro.....	181
Cuadro 113 ANOVA del peso de los frutos del maíz en Charo.....	181
Cuadro 114 TUKEY del peso de los frutos del maíz en Charo.....	182
Cuadro 115 ANOVA del porcentaje de grano y hoja del maíz y los sitios de extracción del suelo.....	183
Cuadro 116 ANOVA del porcentaje de grano y hoja del maíz por municipio.	184
Cuadro 117 TUKEY del porcentaje de grano y hoja del maíz por municipio.	185
Cuadro 118 Variables de respuesta del cultivo de jitomate.....	186
Cuadro 119 ANOVA de la altura del jitomate y loa sitios de extracción del suelo.....	186
Cuadro 120 TUKEY de la altura del jitomate y los sitios de extracción del suelo.....	187
Cuadro 121 ANOVA de la altura del jitomate por municipio.....	188
Cuadro 122 TUKEY de la altura del jitomate por municipio.	189
Cuadro 123 ANOVA de la altura del jitomate en Indaparapeo.	189
Cuadro 124 TUKEY de la altura del jitomate en Indaparapeo.....	190
Cuadro 125 ANOVA del grosor del tallo del jitomate y los sitios de extracción del suelo.....	191

Cuadro 126 TUKEY del grosor del tallo del jitomate y los sitios de	191
Cuadro 127 ANOVA del grosor del tallo del jitomate por municipio.	192
Cuadro 128 TUKEY del grosor del tallo del jitomate por municipio.	193
Cuadro 129 ANOVA del grosor del tallo del jitomate en Charo.	194
Cuadro 130 ANOVA del grosor del tallo del jitomate en Álvaro Obregón.	195
Cuadro 131 TUKEY del grosor del tallo del jitomate en Álvaro Obregón.	195
Cuadro 132 ANOVA del número de hojas del jitomate y los sitios de extracción del suelo.	196
Cuadro 133 ANOVA del número de hojas del jitomate por municipio.	197
Cuadro 134 TUKEY del número de hojas del jitomate por municipio.	198
Cuadro 135 ANOVA del número de racimos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.	198
Cuadro 136 TUKEY del número de racimos del jitomate por municipio.	200
Cuadro 137 TUKEY del número de racimos del jitomate en Indaparapeo. ...	201
Cuadro 138 ANOVA de la clorofila del jitomate y los sitios de extracción del suelo.	202
Cuadro 139 ANOVA de la clorofila del jitomate por municipio.	203
Cuadro 140 ANOVA de la clorofila del jitomate en Tarímbaro.	203
Cuadro 141 TUKEY de la clorofila del jitomate en Tarímbaro.	204
Cuadro 142 ANOVA del Peso de los frutos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.	205
Cuadro 143 ANOVA del peso de los frutos del jitomate por municipio.	206
Cuadro 144 ANOVA del peso de los frutos del Jitomate en Álvaro Obregón.	207
Cuadro 145 TUKEY del peso de los frutos del jitomate en Álvaro Obregón.	208
Cuadro 146 Indicadores de calidad del suelo.	209
Cuadro 147 Variables de respuesta de los cultivos.	209
Cuadro 148 Resultados de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del suelo por nivel.	210

Cuadro 149 ANOVA del pH de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.....	211
Cuadro 150 TUKEY del pH de la calabacita y las variables de respuesta. ..	212
Cuadro 151 ANOVA de la CE de la calabacita, la altura a cogollo y el grosor del tallo.....	213
Cuadro 152 ANOVA del K de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.....	214
Cuadro 153 ANOVA de la CIC de la calabacita y el grosor del tallo.	215
Cuadro 154 ANOVA de la arcilla de la calabacita y las variables de respuesta.....	216
Cuadro 155 ANOVA de la SB de la calabacita y la altura al cogollo.	217
Cuadro 156 ANOVA del EP de la calabacita y la altura a hoja y al cogollo.....	218
Cuadro 157 ANOVA del P de la calabacita y altura a cogollo y hoja.....	219
Cuadro 158 ANOVA del P de la calabacita, el número de hojas y grados brix.	220
Cuadro 159 ANOVA del pH del maíz y el grosor del tallo.	221
Cuadro 160 TUKEY del pH del maíz y el grosor del tallo.....	222
Cuadro 161 ANOVA del pH del maíz y el peso de los frutos del maíz.	223
Cuadro 162 TUKEY del pH del maíz y el peso del fruto del maíz.	224
Cuadro 163 ANOVA de la CE y la MO del Maíz y el No. de hojas.	224
Cuadro 164 ANOVA de la MO y el peso de los frutos del maíz.	225
Cuadro 165 ANOVA del Ca y el grosor del tallo del maíz.	226
Cuadro 166 ANOVA del Na y la altura del maíz.....	227
Cuadro 167 ANOVA del Na y el peso del fruto del maíz.	228
Cuadro 168 ANOVA de la CIC y el grosor del tallo del maíz.....	229
Cuadro 169 ANOVA de la arcilla y el peso del fruto del maíz.	230
Cuadro 170 ANOVA de la SB, el grosor del tallo y el número de hojas del maíz.	231
Cuadro 171 ANOVA de EP, la altura y el número de hojas del maíz.	232
Cuadro 172 ANOVA del EP y la clorofila del maíz.	233

Cuadro 173 ANOVA del EP y el peso de los frutos del maíz.	234
Cuadro 174 ANOVA del N, el peso de los frutos y el número de hojas del maíz.	235
Cuadro 175 ANOVA del pH, el grosor del tallo y el peso de los frutos del jitomate.....	237
Cuadro 176 TUKEY del pH, el grosor del tallo y el peso de los frutos del jitomate.....	238
Cuadro 177 ANOVA de la CE, la altura el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.	238
Cuadro 178 ANOVA de la MO el Ca, y el grosor del tallo del jitomate.	240
Cuadro 179 ANOVA del Na, la altura y el peso de los frutos del jitomate. ...	241
Cuadro 180 ANOVA del K y el grosor del tallo del jitomate.....	242
Cuadro 181 ANOVA de la CIC, la altura, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.	243
Cuadro 182 ANOVA de la arcilla y la altura del jitomate.	244
Cuadro 183 ANOVA de la arcilla, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.	245
Cuadro 184 ANOVA del EP, el N y el grosor del tallo del jitomate.	246

RESUMEN

Se evaluó la calidad de los suelos de Tarímbaro, Charo, Indaparapeo y Álvaro Obregón, mediante indicadores de calidad y contrastándolos con el desarrollo de los cultivos de calabacita maíz y jitomate, se fertilizó con lixiviado de lombriz y con solución Steiner, con el fin de evaluar el esquema de fertilización y los indicadores de mayor calidad para el desarrollo de cada cultivo. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) para encontrar diferencias en el accionar de cada uno de los suelos. Se identificó que si existe diferencias entre los indicadores de calidad del suelo de cada municipio y que ningún esquema de fertilización a la dosis aplicada genero diferencia en el desarrollo de los cultivos. En el cultivo de calabacita el grosor del tallo se vio beneficiado cuando el pH, la conductividad eléctrica (CE), la arcilla y el potasio (K) manifestaron niveles altos. La altura al cogollo fue mayor cuando la CE, la arcilla y el fosforo (P) presentaron niveles bajos, además de cuando la saturación de bases (SB) y el espacio poroso (EP) mantuvieron niveles altos. La cantidad de hojas fue mayor cuando el pH y el K presentaron niveles altos y cuando el P presento niveles bajos, finalmente la altura a hoja fue mayor cuando el EP presento un nivel alto y el P un nivel bajo. El municipio con mejor rendimiento de este cultivo fue Tarímbaro. En el maíz, el grosor del tallo mejoro cuando el pH, Ca y SB tuvieron un nivel alto, así como cuando la CIC tuvo un nivel bajo, la cantidad de hojas aumento cuando la CE y MO presentaron niveles altos, el fruto se vio beneficiado cuando la arcilla, N y MO tuvieron niveles altos, así como cuando el Sodio (Na) y el EP presentaron un nivel bajo y el pH un nivel medio. La altura fue mayor cuando el Na y EP presentaron niveles bajos y la clorofila por su parte aumento cuando el EP fue bajo. Este cultivo mostro máximos rendimientos en Álvaro Obregón. En el jitomate, el grosor del tallo se benefició cuando la arcilla, CE, MO, K, CIC y N presentaron un nivel alto así como cuando el pH presento un nivel medio y el Ca, Na y EP mostraron niveles bajos la altura del cultivo fue mayor cuando la arcilla, CE y CIC adoptaron niveles altos y cuando el Na fue bajo, el fruto se favoreció con el pH en su nivel medio, el Na en su nivel bajo y la CE a nivel alto, finalmente niveles altos de CIC y arcilla aumentaron el número de racimos. Este cultivo mostro el mejor rendimiento en Tarímbaro. Charo en general es deficiente para cultivar.

Palabras Clave: Propiedades físicas y químicas, calabacita, maíz, jitomate, ANOVA.

ABSTRACT

The quality of the soils of Tarímbaro, Charo, Indaparapeo and Álvaro Obregón was evaluated by means of quality indicators and contrasted with the development of the crops of corn squash and tomato, it was fertilized with leaching of earthworm and Steiner solution, in order to evaluate the fertilization scheme and the highest quality indicators for the development of each crop. The results were subjected to an analysis of variance (ANOVA) to find differences in the actions of each of the soils. It was identified that if there are differences between the indicators of soil quality of each municipality and that no fertilization scheme at the applied dose makes a difference in crop development. In the cultivation of zucchini, the thickness of the stem was benefited when the pH, the electrical conductivity (CE), the clay and the potassium (K) showed high levels. The height of the bud was greater when the CE, clay and phosphorus (P) showed low levels, in addition to when the base saturation (SB) and the porous space (EP) maintained high levels. The amount of leaves was greater when the pH and K had high levels and when the P had low levels, finally the height was higher when the EP had a high level and the P a low level. The municipality with the best yield of this crop was Tarimbaro. In corn, the thickness of the stem improved when the pH, Ca and SB had a high level, as well as when the CIC had a low level, the amount of leaves increased when the CE and MO presented high levels, the fruit benefited when clay, N and MO had high levels, as well as when Sodium (Na) and EP had a low level and pH a medium level. The height was greater when the Na and EP presented low levels and the chlorophyll in turn increased when the EP was low. This crop showed maximum yields in Álvaro Obregón. In the tomato, the thickness of the stem benefited when the clay, CE, MO, K, CIC and N presented a high level as well as when the pH had a medium level and the Ca, Na and EP showed low crop height levels. It was higher when the clay, CE and CIC adopted high levels and when the Na was low, the fruit was favored with the pH at its medium level, the Na at its low level and the EC at a high level, finally high levels of CIC and Clay increased the number of clusters. This crop showed the best yield in Tarímbaro. Charo in general is deficient to cultivate.

1. INTRODUCCIÓN.

El suelo es un recurso natural de suma importancia para el desarrollo de la vida, el cual proporciona sustrato, sustento y nutrientes a las plantas, sin embargo, no todos los suelos tienen la misma capacidad y calidad para soportar la vida, aunado a esto se sabe que la sobreexplotación y el mal uso del suelo tienden a degradarlo.

La calidad del suelo se refiere a "La capacidad del suelo de funcionar, dentro de las fronteras del ecosistema y el uso de la tierra, manteniendo la calidad ambiental y fomentando la salud de las plantas, de los animales y del hombre" (Doran y Parkin, 1994). La calidad de los suelos se puede evaluar a través de indicadores. Éstos se refieren a las propiedades del suelo medibles y que influyen en la capacidad para realizar funciones de producción agrícola o medioambiental Arshad (2002). Un indicador de calidad de suelo es una herramienta de medición para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (Astier *et al.*, 2002).

México, es un país que se caracteriza por su diversidad en suelos productores de gran variedad de cultivos. En particular, Michoacán ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en producción de calabacita maíz y jitomate; sin embargo, este lugar cae al noveno, séptimo y veinticincoavo lugar, respectivamente cuando se compara el rendimiento de estos productos con los de otros estados (SAGARPA, 2015). Esto indica que la producción es alta quizá por la superficie cultivada y no por la eficiencia de los métodos utilizados o por la diversidad de los suelos y de su calidad. Por este motivo, valdría la pena identificar si la elección de los cultivos en Michoacán se maneja como una opción viable.

En localidades al oriente de la Cuenca del Lago de Cuitzeo como Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón e Indaparapeo, existe una variedad de cultivos, sin embargo, es común que se realicen las actividades agrícolas sin contar con

información sobre la calidad de los suelos. En estos municipios se carece de información relacionada con los indicadores de calidad de los suelos, únicamente se conoce que la capacidad de uso agrícola en Indaparapeo y Álvaro Obregón es de Clase II, buena para diversos cultivos, pero sin mencionan cuáles y en Charo, los suelos son de Clase IV con posibilidad agrícola y productividad baja (Mora, 2015). Estos estudios se han realizado de manera puntual y no representan la calidad de los suelos en toda la extensión de los municipios antes mencionados.

En lo referente a la agricultura, la fertilización es un elemento primordial para el buen desarrollo de los cultivos que no se puede dejar de lado, en este tenor, existen dos esquemas de fertilización: orgánica y química. La primera opción ha tomado fuerza en los últimos años por los beneficios que ofrece al ser más amigable y saludable con el medio ambiente y con el consumo humano, respectivamente. La segunda opción se ha utilizado durante mucho tiempo y es la más recurrente en la actualidad.

Con base en lo anterior, el objetivo fue evaluar los indicadores de calidad del suelo y su combinación con esquemas de fertilización orgánica y química de acuerdo con el desarrollo de los cultivos del maíz, jitomate y calabacita en los municipios de Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón e Indaparapeo, Michoacán. Los indicadores de calidad se obtuvieron a partir de las propiedades físicas y químicas de los suelos. Para la fertilización inorgánica de los cultivos se aplicó lixiviado de lombriz y solución Steiner que por años ha sido aplicada a diversos cultivos con fines de investigación y en la producción de diversos cultivos para observar el desempeño de ambos.

Contar con información de este tipo, permitirá tener elementos para la toma de decisiones por parte de los agricultores en cuanto a la elección de los cultivos en suelos con propiedades físicas y químicas específicas.

2. DEFINICIONES.

La degradación de suelo es un problema al que se le ha dado poca importancia a través del tiempo, sin embargo, este recurso es la base para que las plantas se desarrollen y éstas a su vez, constituyen la base para la agricultura y la ganadería que son actividades fundamentales para satisfacer las necesidades alimenticias del ser humano. El suelo se ha visto afectado por diversos factores a lo largo de la historia, perdiendo calidad, salud y al suelo mismo.

2.1 Suelo

El suelo es un cuerpo natural que presenta horizontes y/o capas compuestas de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua (FAO, 2017).

2.2 Calidad

De acuerdo con el diccionario de la real academia española, calidad es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor (Real academia Española, 2014).

2.3 Calidad del suelo

El Comité de la Sociedad de la Ciencia del Suelo Americana define la calidad del suelo como "La capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar, dentro de límites de ecosistemas naturales o manejados, para mantener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, apoyar la salud humana y la vivienda" (Karlen *et al.*, 1997).

2.4 Indicador

Un indicador es una variable que resume información sobre la calidad del suelo haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y se comunica en forma comprensible (Gallopín, 2006).

Los indicadores deben ser variables cuantitativas, aunque pueden ser cualitativas, en especial cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, la propiedad

no es cuantificable o cuando los costos para cuantificar son altos (Vallejo-Quintero 2013).

Las principales funciones de los indicadores de acuerdo con Jiménez *et al.* (2007) son: a) apreciar condiciones y tendencias, b) comparar entre lugares y situaciones, c) evaluar condiciones y tendencias en relación con metas y objetivos, d) permitir una alerta temprana y e) anticipar condiciones y tendencias futuras.

2.5 Principales indicadores de calidad del suelo

Para evaluar la calidad de un suelo es necesario considerar sus parámetros físicos, químicos y biológicos. Además, existe un cuarto grupo de indicadores conocido como “indicadores visuales”.

2.5.1 Físicos

Los indicadores físicos están relacionados con el tamaño, la disposición y el arreglo de las partículas del suelo. Los más relevantes son: porosidad, densidad aparente, resistencia a la penetración, capacidad de retención de agua, conductividad hidráulica, estabilidad y tamaño de los agregados, profundidad y textura. Estos indicadores reflejan limitación en el crecimiento de raíces, emergencia de plántulas, infiltración o movimiento de agua dentro del perfil del suelo, retención, transferencia y ciclaje de nutrientes e intercambio óptimo de gases (Luters & Salazar, 1999; Schoenholtz *et al.*, 2000).

2.5.2 Químicos

Los indicadores químicos incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes para las plantas y para los microorganismos. Entre las propiedades químicas de utilidad como indicadores destacan: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y nutrientes (N total, nitratos, amonio, relación C:N, fósforo total y fósforo disponible, y potasio) (De la Rosa, 2005; De la Rosa & Sobral, 2008).

2.5.3 Biológicos

Los indicadores biológicos se relacionan con la eficacia con la que los organismos edáficos descomponen los residuos animales y vegetales incorporados al suelo. A partir de lo anterior se cumple una función muy importante porque se controla el suministro de nutrientes (vía mineralización de la materia orgánica) y el humus (humificación de los residuos orgánicos frescos) al cultivo o ecosistema natural, lo cual se relaciona con la fertilidad edáfica (Vallejo-Quintero, 2013).

2.5.4 Visuales

Los indicadores visuales se obtienen a través de visitas de campo, así como de la percepción de los agricultores y los conocimientos locales; estos indicadores se basan en la observación e interpretación fotográfica; por ejemplo, la exposición del subsuelo, cambio del color del suelo, presencia de cárcavas, encharcamiento prolongado, presencia de malezas, escorrentía y pobre desarrollo de la vegetación, entre otros (Vallejo-Quintero, 2013).

2.6 Indicadores de calidad de suelo más utilizados

Los indicadores más utilizados de acuerdo con varios autores se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores de calidad del suelo más utilizados.

Físicos	Químicos	Biológicos
Textura	pH	Biomasa microbiana
Densidad aparente	Materia orgánica	C y N de biomasa microbiana
Estructura	Capacidad de intercambio catiónico	Nitrógeno mineralizable
Estabilidad de agregados	Conductividad eléctrica	
Profundidad efectiva	Bases intercambiables	
Porosidad	P y K extractables	

2.6.1 Indicadores físicos.

2.6.2 Textura.

Es uno de los pilares para el análisis del suelo. Indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño en el suelo: arena, limo y arcilla. La textura se relaciona con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene, y con la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, 2013).

2.6.3 Densidad aparente (DAP).

La Dap se define como el peso por unidad de volumen de una sustancia. Cuando se aplica a los suelos se denomina densidad aparente porque se induce en el espacio poroso. La importancia de este indicador se debe a su estrecha relación con: a) el total del suelo, b) la capacidad de retención de agua por el suelo, c) para calcular la masa de la capa arable del suelo, d) con la porosidad, para estimar el grado de compactación del suelo y e) para calcular el peso de una capa del suelo. La Dap es afectada por la porosidad e influye en la elasticidad, conductividad eléctrica, conductividad térmica, en la capacidad calorífica a volumen constante y en la dureza (Cano, sin año).

2.6.4 Estructura.

Es un indicador primario de la “salud del suelo”. Es la forma en que las partículas sólidas y los espacios del suelo están ordenados. Los buenos suelos tienen una mezcla de microporos y macroporos: los primeros para el almacenaje del agua y los segundos para la entrada de agua y el drenaje. Un suelo con buena estructura es fácil de cultivar y no es arrastrado con facilidad por la lluvia ni por el viento. El aire y el agua penetran bien al suelo y las raíces de las plantas tienen un buen desarrollo (FAO, 2013).

2.6.5 Estabilidad de los agregados.

Este indicador depende de la agregación del suelo que es el proceso mediante el cual sus partículas primarias (arena, limo y arcilla) se unen formando unidades

secundarias o agregados, debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces que provienen de la actividad microbiana Mausbach *et,al* (1997). La estabilidad de agregados del suelo, por ser una característica edáfica dinámica, es considerada un indicador sensible de tendencias a la recuperación o degradación de los suelos (Doran & Parkin, 1994).

2.6.6 Profundidad efectiva.

Es considerada como la espesura del suelo, sin embargo es la profundidad hasta donde llegan las raíces de las plantas en busca de agua y de nutrientes (FAO, 2017).

2.6.7 Porosidad.

El espacio poroso de un suelo es la parte de este que en su estado natural está ocupado por aire y/o por agua. El volumen del espacio poroso depende de la disposición de las partículas sólidas. La importancia de la porosidad del suelo en la agricultura es muy grande y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y, otras propiedades del suelo y su manejo (Flores y Alcalá, sin año).

2.7 Indicadores químicos.

2.7.1 pH.

Su importancia radica en la influencia que tiene para la disponibilidad de los nutrientes del suelo por parte de las plantas para absorberlos, muchos nutrientes tienen la máxima solubilidad a pH de 6 a 7 y, decrece por encima y por debajo de estos valores.

2.7.2 Materia orgánica (MO).

Es un indicador ampliamente utilizado para evaluar la condición de un suelo. La MO viene de la descomposición de los residuos de plantas y animales en el suelo,

influye sobre la fertilidad del suelo y sobre sus características físicas y químicas (FAO, 2013).

2.7.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta con la presencia de MO, y podría decirse que es la base de la fertilidad del suelo. La CIC depende de la textura y del contenido de MO. En general, entre más arcilla y MO tenga un suelo, la CIC es mayor (Fernández *et al.*, 2006).

2.7.4 Conductividad eléctrica.

Es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta propiedad se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La conductividad eléctrica es una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo (Fernández *et al.*, 2006).

2.7.5 Bases intercambiables.

Son elementos alcalinos como el Ca y Mg, Na y K que pueden ser cambiados por otros iones con carga positiva presentes en la solución del suelo (Fernández *et al.*, 2006).

2.7.6 Macronutrientes.

Se requieren en grandes cantidades, y tienen que estar presentes. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los mismos por los cultivos a lo largo de los años o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. Algunos de los macronutrientes más importantes son:

2.7.6.1 Nitrógeno (N).

Es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo en forma de nitrato (NO_3) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. El N es el constituyente esencial de las proteínas y está involucrado en todos los procesos del desarrollo de las plantas y en su rendimiento. El suministro de N en la planta es importante para absorber otros nutrientes. (FAO, 2002).

2.7.6.2 Fósforo (P).

Este elemento suple de 0.1 al 0.4% del extracto seco de la planta y juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos que forman los puntos de crecimiento de la planta. El P es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas en donde la fijación limita su disponibilidad. (FAO, 2002).

2.7.6.3 Potasio (K).

El K suple del 1.0 al 4.0% del extracto seco de la planta. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello, juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos enfermedades (FAO, 2002).

2.8 Disponibilidad de agua en el suelo.

De acuerdo con el contenido de agua del suelo y su uso por los cultivos, el agua clasificada en las siguientes categorías:

2.8.1 Agua gravitacional.

Es la que drena libremente por la acción de la fuerza de gravedad mientras ésta sea mayor que la fuerza de retención del suelo, lo que está determinado por el diámetro ponderado de los poros. Esta agua puede ser absorbida por la planta,

por ejemplo, la saturación durante un riego, no obstante, permanece poco tiempo en el sistema. (Silva *et al.*, 2015)

2.8.2 Agua no disponible.

Está fuertemente adsorbida a las partículas del suelo y no está disponible para las plantas. En esta categoría, actúa la fuerza capilar y la fuerza debida a cargas electrostáticas. La primera fuerza, que es menor, actúa mientras el suelo tenga el agua suficiente para ocupar los capilares. (Silva *et al.*, 2015)

2.8.3 Agua higroscópica.

Cuando ya no hay agua suficiente para llenar un poro queda el agua higroscópica que está unida a las partículas del suelo por cargas eléctricas. Estas moléculas de agua permanecen cuando el suelo se seca al aire y pueden ser extraídas sólo secando la muestra en una estufa a 105 °C. (Silva *et al.*, 2015)

2.8.4 Agua disponible.

El agua aprovechable para las plantas se encuentra entre el agua gravitacional y el agua no disponible, y está retenida por fuerzas capilares. Los límites para la humedad aprovechable son los contenidos de humedad a Capacidad de Campo (CC) y punto de Marchitez Permanente (PMP), y se expresan en contenido gravimétrico. (Silva *et al.*, 2015)

2.8.5 Capacidad de Campo.

Es el contenido de agua de un suelo, después que ha sido mojado con abundancia y se ha dejado drenar de manera libre, evitando las pérdidas por evapotranspiración. Corresponde al contenido de agua del suelo a una tensión o potencial mátrico del agua de -0.33 bares. Este contenido de agua se toma alrededor de 24 a 48 horas después de un riego o lluvia abundante, teniendo la precaución de cubrir el suelo con un plástico para evitar la evaporación. (Silva *et al.*, 2015)

2.8.6 Punto de Marchitez Permanente (PMP).

Es el contenido de agua de un suelo al cual la planta se marchita y ya no recupera su turgencia al colocarla en una atmósfera saturada durante 12 horas. Por convención, corresponde al contenido de agua a una tensión o potencial mátrico de -15 bares. (Silva *et al.*, 2015)

2.8.7 Capilares.

Son tubos de diámetro pequeño en los que el agua tiende a subir por succión y la altura a la que es capaz de subir, depende del diámetro del capilar; a menor diámetro, mayor succión y mayor altura. La capilaridad actúa en cualquier dirección, por lo tanto, es la clave para entender la retención de agua por los poros del suelo. (Silva *et al.*, 2015)

2.9 Grados brix.

Otro indicador de interés a nivel de cultivos, son los **Grados brix**. Estos son sustancias solubles en agua que reflejan un alto porcentaje de la calidad de sólidos totales que contienen los frutos. A mayor valor es más deseable: mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Además, existe una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza, a mayor concentración de grados brix, mayor la firmeza.

2.10 Clorofila.

Pigmento verde presente en las hojas y tallos de muchos vegetales, responsable del proceso de fotosíntesis. Se mide mediante un dispositivo SPAD. Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja, entra en contacto con la celda detectora del SPAD-502 y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada, y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán

siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas. El contenido de clorofila y la absorción de N se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población y fuente de N (citado por Rodríguez *et al.*, 1998).

3. ANTECEDENTES.

Existen estudios previos de algunos indicadores de calidad del suelo.

En el estado de Chiapas se analizaron los indicadores químicos N, P y potencial H del suelo con el fin de ver el efecto de los sistemas de producción de alimento para ganado. Los resultados mostraron que estos elementos no son afectados de manera significativa en los sistemas silvopastoriles (Medina *et al.*, 2012).

En Panamá se elaboró un índice de calidad de suelo para las plantaciones de banano basándose en indicadores físicos, químicos y biológicos. Los indicadores químicos fueron el P y los micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn, K, Ca y Mg intercambiables así como el Al intercambiable, carbón orgánico, conductividad eléctrica y pH. Los indicadores físicos fueron la profundidad efectiva del suelo, resistencia a la penetración, capacidad de aireación de los suelos, infiltración básica, textura del suelo, color y algunos indicadores biológicos. Los indicadores que mejor ayudaron a diferenciar entre áreas de alta y baja productividad fueron: porcentaje de arena, pH, Ca, K, carbono orgánico, respiración microbiana, índice de mineralización y peso total de raíces (Agudo-Martínez *et al.*, 2013).

En tres casos de estudio se utilizaron indicadores de calidad en agrosistemas de México con el objetivo de ubicar los mejores indicadores basándose en los atributos de productividad, resiliencia y estabilidad; uno de ellos fue la “Producción de maíz en condiciones de temporal y agricultura campesina en Michoacán”, otro fue el “Sistema silvopastoril mejorado en la selva baja caducifolia en la reserva de Chamela” y el último “Agricultura intensiva en El Batán”. Obtuvieron como indicadores de calidad la cantidad de suelo erosionado, carbono orgánico, tasa de

infiltración, grado de resistencia a la penetración y el nivel de agentes patógenos, niveles de P y K, así como bajos rendimientos, la baja disponibilidad de nutrientes y la presencia de plagas de insectos (Astier- Calderón *et al.*, 2002).

El jitomate se puede cultivar en cualquier tipo de suelo, pero se prefieren suelos profundos, margosos y bien drenados. Lo ideal es un suelo ligeramente ácido, con pH de 6.2 a 6.8 (SAGARPA, 2010).

Con base en el contenido de MO en los primeros 37 cm, se evaluó la calidad del suelo en cuanto a su fertilidad. La MO varió de clase pobre (1.8%) a muy rica (6.8%). 70% de los suelos tuvieron una calidad alta, principalmente en los primeros 15 cm de espesor del suelo en donde la MO varió de muy rica a rica. La clase pobre se presentó entre los 15 y 37 cm de profundidad (Alcalá *et al.*, 2012).

Se establecieron indicadores e índices para evaluar de manera rápida la calidad de los suelos cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México, para lo cual, consideraron el pH, carbono orgánico, saturación de bases, agregados estables en agua mayores a 0.5 mm de diámetro, velocidad de infiltración, densidad aparente, potencial zeta y espesor del horizonte A. Encontraron que la disminución del carbono orgánico fue la causa principal de los bajos valores del indicador estabilidad de agregados e infiltración y valores medios del indicador densidad aparente. Indican también que los cambios en las propiedades físicas afectan la condición superficial del suelo provocando un incremento de los procesos de erosión (Prieto- Mendez *et al.*, 2013).

De acuerdo con Mora (2015) se reporta la siguiente información relacionada con la capacidad de uso agrícola de cuatro sitios con dos sistemas de evaluación (Índice de Storie modificado y el Sistema de la productividad agraria de los suelos de la FAO) que utilizan como indicadores de calidad a las propiedades físicas y químicas de los suelos así como a las características topográficas. La evaluación se realizó con base en una calificación de 100% para los suelos con excelente capacidad agrícola (Clase I y II); la calidad del suelo disminuye de acuerdo con factores limitantes para dicho uso:

a) En Indaparapeo y Álvaro Obregón, Michoacán, los suelos fueron de Clase II en donde las actividades agrícolas se ven favorecidas porque los suelos se localizan en zonas de valle con microrelieve ondulado, profundidad de 100 a 120 cm, son suelos con horizontes A y B, estructura en bloques subangulares bien desarrollados, MO muy alta (6.5%) y pH neutro (7.1). La CIC y la saturación de bases fueron muy altas en Álvaro Obregón (39.8 meq 100 g⁻¹ y 79.6%, respectivamente).

b) Los suelos de las localidades de Joyas de la Huerta y Tégaro, Michoacán fueron de Clase III con capacidad de uso agrícola. Estos suelos se localizan en zonas de valle con microrelieve ondulado, son suelos profundos de 125 cm, de estructura bien desarrollada con bloques angulares finos en Tégaro y granular gruesa, bien drenado, pH neutro (7.4) en Joyas de la Huerta; MO muy alta (6.9%) y saturación de bases muy alta (67%), respectivamente. Las propiedades del suelo con calificación de 80% se presentaron en Vertisoles y Luvisoles con promedio de 43.6% de arcilla en Joyas de la Huerta y, limo arcilloso y drenaje moderado en Tégaro en donde además, la CIC fue alta (40 meq 100 g⁻¹).

c) En la localidad de Charo, la clase fue IV considerada de baja capacidad y productividad agrícola; las limitantes que presenta este suelo son su escasa profundidad (37 cm), pérdida del Horizonte A, consistencia dura y mal drenaje. El sitio carece de riego y las actividades agrícolas se limitan a la época de temporal. La calidad del suelo disminuye por su textura arcillosa, pH ligeramente ácido (6.2) y pendiente de 15%, sin embargo, los parámetros favorables fueron su localización en zona de valle y tener estructura bien desarrollada, alto contenido de MO (3.8%) y CIC alta (47.61 meq 100 g⁻¹).

En un experimento realizado en Guadalajara, Jal. Utilizaron lixiviado de lombriz vía foliar en plantas de ornato con aplicación de 7.5 mL L⁻¹. Obtuvieron que esta aplicación es una opción orgánica capaz de sustituir a los agroquímicos, lo cual corroboraron al obtener resultados similares (Macías *et al.*, 2012).

En la ciudad de Torreón, Coahuila evaluaron el efecto del lixiviado de lombriz en propiedades del suelo y en el crecimiento del maíz. Encontraron que el pH y la MO incrementaban ligeramente mientras que la CIC y la conductividad eléctrica disminuyeron respecto a los valores iniciales. Así mismo, la altura del maíz reportó diferencias significativas en cuanto a altura al variar las cantidades de lixiviado y presentó el mejor rendimiento en cuanto a forraje cuando se aplicó una dosis media de 3.816 L por unidad experimental (74.25 m^2) a una densidad de población de 40.404 plantas por hectárea (Aldaco *et al.*, 2007).

En la zona del valle de Morelia-Queréndaro, Michoacán realizaron un estudio de labranza de conservación en Vertisoles donde midieron MO y N en suelo. Encontraron que para los cultivos de trigo y maíz luego de varios ciclos de esta labranza se logró reducir el requerimiento de fertilizante químico en 50% para el trigo y 40% para el maíz (Báez-Perez *et al.* 2016).

En Saltillo, Coahuila se realizó un estudio donde evaluaron el cultivo del tomate considerando la relación de la solución del suelo, el suelo y la planta. En 12 macetas con suelo calcáreo, se trabajó con una variedad de jitomate. Aplicaron tres tratamientos de fertilización (solución nutritiva Steiner, fertilizantes sólidos y té de vermicomposta), y consideraron los siguientes indicadores de calidad de suelo: MO, Dap, textura, carbonatos, conductividad eléctrica y pH. El mejor rendimiento se presentó con el tratamiento de la solución Steiner (Canales *et al.*, 2016).

Investigadores en la ciudad de Torreón, Coahuila estudiaron el efecto de cuatro tratamientos en invernadero para el cultivo de tomate: solución nutritiva inorgánica (Steiner), té de composta, té de vermicomposta y lixiviado de vermicomposta. Usaron arena como sustrato. Con la solución nutritiva Steiner fue mayor el rendimiento y el tamaño de frutos, aunque la concentración de sólidos solubles totales más alta correspondieron a los tratamientos con solución nutritiva de origen orgánico (Preciado *et al.*, 2011).

El efecto de solución Steiner y diferentes sustratos orgánicos para jitomate tipo bola fue evaluado por Valenzuela *et al.* (2014). Encontró que con la solución Steiner al 50% y 100% los valores fueron similares y superiores al testigo regado solo con agua.

El efecto de la concentración de solución Steiner (1, 25, 50, 75 y 100%) se evaluó con sustratos de perlita o arena en la planta de agave. En el sustrato de perlita, las plantas mostraron mejor crecimiento y el tamaño que obtuvieron estuvo en relación con la cantidad de nutrimentos en la solución nutritiva, es decir, al incrementar la concentración de la solución steiner, los efectos fueron significativos en todas las variables evaluadas de manera independiente al sustrato utilizado (Enríquez *et al.*, 2013).

En cuba se evaluó el efecto de la humedad del suelo en el cultivo de cebolla a 100%, 75% y 50% de la capacidad de campo, encontrando los mejores rendimientos cuando la humedad fue más alta (Estrada *et al.*, 2015).

Al cultivar maíz y fertilizarlo con lixiviado de lombriz, vermicomposta y con fertilizante químico al 50%, el crecimiento promedio de las plantas evaluadas con los diferentes tratamientos fue similar en los primeros 45 días, pero a los 60 días y hasta la madurez se notó la separación en el crecimiento con los diferentes tratamientos. Se observó un menor crecimiento de la planta testigo en donde no se aplicó ningún fertilizante; con el tratamiento de lixiviado, el crecimiento fue bajo, pero mayor que el testigo y menor que la fertilización combinada cultivada y las diferentes dosis de vermicomposta (González-Reyes *et al.*, 2015).

4. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo socioeconómico y el crecimiento de la población en diversos municipios de Michoacán son factores que han llevado al hombre a utilizar con mayor frecuencia y en más extensión superficial al recurso suelo con fines agrícolas.

En los municipios de Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón e Indaparapeo se siembran diversos cultivos entre los que destacan el maíz, jitomate y calabacita, sin embargo, es común que las actividades agrícolas se realicen sin tomar en cuenta que en la región, los suelos son diferentes en sus propiedades físicas y químicas, indicadoras de la calidad del suelo. Esta situación es comprensible puesto que se carece de información que apoye a los agricultores a tomar decisiones. En sitios específicos de Indaparapeo y de Álvaro Obregón, se reporta que la capacidad de uso agrícola es buena y en Charo, la posibilidad agrícola y de productividad son bajas debido a que las propiedades de los suelos son desfavorables. Esta información es puntual y no representa toda la superficie de los municipios antes mencionados ni se dan referencias, tanto de los indicadores de calidad como de los tipos de cultivo y su desarrollo.

Por otra parte, uno de los pilares importantes en el ámbito agrícola es la fertilización, pero también es uno de los elementos que por su mal manejo daña al medio ambiente, el cual vale la pena abordarlo de acuerdo con dos opciones de fertilización de actualidad en el mercado: orgánica y química. Es indudable que desde el punto de vista ambiental la fertilización orgánica es más recomendable, sin embargo, el agricultor de la zona lleva años fertilizando con productos químicos y prácticamente no existen huertos orgánicos en los municipios cercanos a Morelia, por ello es importante demostrar que los abonos orgánicos pueden realizar un trabajo similar, y de esta manera será posible disuadirlos a intentar un nuevo esquema de fertilización que además de proporcionar buenas cosechas, nutran y mejoren el suelo en lugar de degradarlo o en su caso, que el agricultor

tenga referencias para evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos y los utilice de manera racional.

Lo antes mencionado deja ver la importancia que tienen los indicadores de calidad expresados a partir de las propiedades del suelo para que los cultivos se desarrollen de manera favorable. Por esta razón, en el presente estudio se propuso evaluar a los indicadores y su combinación con la fertilización orgánica y química de acuerdo con el desarrollo de los cultivos del maíz, jitomate y calabacita en los municipios de Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón e Indaparapeo.

Los resultados de este estudio serán de gran importancia para los agricultores de la región al conocer en qué espacios de los municipios mencionados se encuentran las mejores condiciones de los suelos para el desarrollo de los cultivos indicados y además ver como actuaron las soluciones nutritivas en ellos.

5. HIPÓTESIS.

Los indicadores de calidad del suelo varían dependiendo de su localización e influyen en el desarrollo de los cultivos de maíz, jitomate y calabacita, influencia que presenta cambios cuando se aplican esquemas de fertilización.

6. OBJETIVOS.

6.1. General.

Evaluar los indicadores de calidad del suelo y su combinación con esquemas de fertilización orgánica e inorgánica de acuerdo con el desarrollo de los cultivos del maíz, jitomate y calabacita en los municipios de Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón e Indaparapeo, Michoacán.

6.2. Específicos.

1. Identificar los indicadores de calidad del suelo más significativos de acuerdo con el desarrollo de los cultivos de maíz, jitomate y calabacita.
2. Evaluar el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en los cultivos de maíz, jitomate y calabacita.
3. Identificar si el efecto de los indicadores de calidad del suelo persisten después de la aplicación de los fertilizantes.

7. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El presente estudio se realizó en los municipios de Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón e Indaparapeo en el estado de Michoacán y se localizan al noreste de la Cuenca del Lago de Cuitzeo (Figura 1).

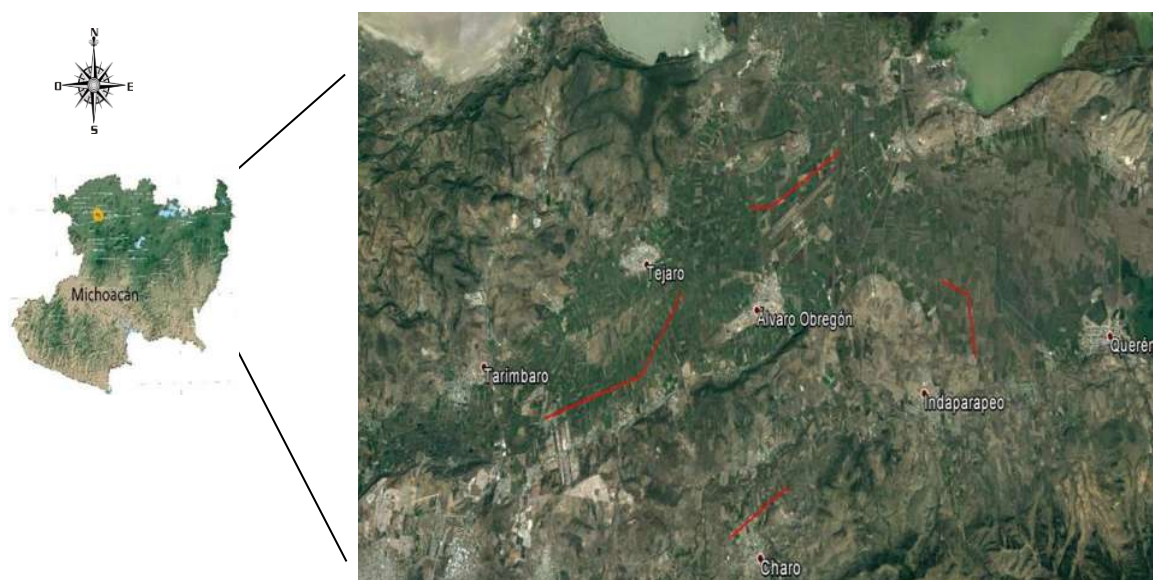


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

7.1 Descripción por municipio

Los municipios antes indicados pertenecen a la Región 3 de Michoacán conocida como Cuitzeo. De acuerdo con la Enciclopedia de municipios y delegaciones de México, los municipios de interés tienen las siguientes características. *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2017)*

7.2 Álvaro Obregón.

Se localiza en el centro del estado, en las coordenadas 19°48" de latitud norte y 101°02" de longitud oeste, a una altitud de 1800 m, limita al norte con el Estado de Guanajuato y Santa Ana Maya, al este con Queréndaro e Indaparapeo, al sur con

Charo, al oeste con Tarímbaro y al noroeste con Cuitzeo.

Su distancia a Morelia es de 26 km. Tiene una superficie de 159.44 km² y representa 0.27% del estado. El clima es templado con lluvias en verano con precipitación pluvial anual de 918.8 mm y temperaturas que oscilan de 12 a 27.4 °C. La orografía es la depresión de Cuitzeo, las lomas de la Purísima, Quirio y Tzentzenguaro a los cerros: Policarpo, Las Reservas, Tuna, Peña y el grande de los Remedios; la hidrografía está constituida por el río Grande de Morelia y parte del Lago de Cuitzeo.

Fauna y vegetación: Está conformada por bosque mixto de encino, sabino y sauce; pradera con nopal, huisache y diversos matorrales. Su fauna la conforman armadillo, cacomixtle, coyote, ardilla, zorrillo, pato y diversos peces, como la carpa y el bagre. La superficie no forestal es ocupada por especies no maderables de matorrales diversos y plantas hidrófilas

Características y uso de suelo. Los suelos datan de los períodos cenozoico y cuaternario y corresponden principalmente a los del tipo podzólico y de pradera. Su uso es agrícola y en menor proporción, ganadero y forestal.

7.3 Charo.

Se localiza al norte del estado en las coordenadas 19°45' de latitud norte y 101°03' de longitud oeste, a una altitud de 1900 m. Limita al norte con Tarímbaro y Álvaro Obregón, al este con Indaparapeo; al sur con Tzitzio y al oeste y suroeste con Morelia. Su distancia a la capital del estado es de 15 km.

Tiene una superficie de 323.16 km² y representa 0.55% del estado. El clima es templado con lluvias en verano con precipitación pluvial anual de 1145.5 mm y temperaturas que oscilan de 4.5 a 36.4 °C. La orografía la constituye el sistema volcánico transversal, la sierra de mil cumbres y cerros las Encinillas, Borregas, Potrerillos e Ipillos. La hidrografía está constituida por arroyos que desembocan en el río Grande de Morelia y Purungo.

Fauna y vegetación: Está conformada por bosque mixto y de coníferas de: Oyamel, pino, junípero, encino, aile y sauce; y pradera con nopal, huisache y diversos matorrales. Su fauna la conforman el venado, armadillo, cacomixtle, coyote, ardilla, zorrillo, tejón, gato montes, pato y güilota, adicionalmente cuentan con un yacimiento de diatomita.

Características y uso de suelo. Los suelos datan de los períodos cenozoico, terciario, cuaternario y plioceno, corresponden principalmente a los del tipo Chernozem. Su uso es forestal y en menor proporción, ganadero y agrícola.

7.4 Indaparapeo.

Se localiza al norte del Estado, en las coordenadas 19°47' de latitud norte y 100°58' de longitud oeste, a una altitud de 1930 m. Limita al norte con Álvaro Obregón y Queréndaro, al sur con Hidalgo y Tzitzio, al oeste con Charo y al este con Queréndaro. Su distancia a la capital del Estado es de 28 km.

Tiene una superficie de 256.95 km² y representa el 0.43% del total del estado. El clima es templado con lluvias en verano con precipitación pluvial anual de 1160 mm y temperaturas que oscilan de 4.8 a 36.2 C. La orografía es el sistema volcánico transversal, el Valle de Morelia-Queréndaro, la depresión del Cuitzeo y cerros el Águila, los Tinguaraques y del Aire.; la hidrografía está compuesta por arroyos intermitentes: San Lucas Pío, Los Naranjos y Cañada del Moral; depósitos acuíferos; el Jagüey Grande y Jagüey Chico así como el manantial “Agua Caliente”.

Fauna y vegetación: en el municipio predomina la pradera con nopal, huisache y matorrales diversos; tiene bosque mixto con pino, encino y aile; y bosque de coníferas, con oyamel y pino. Su fauna la conforman coyote, ardilla, conejo, zorrillo, zorro, cacomixtle, cerceta y paloma.

Características y uso de suelo. Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario, terciario y plioceno; corresponden principalmente a los del tipo Chernozem y Podzol. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadero y forestal.

7.5 Tarímbaro.

Se localiza al norte del estado, en las coordenadas 19°48' de latitud norte y 101°10' de longitud oeste, a una altitud de 1860 m. Limita al norte con Copándaro y Cuitzeo, al este con Álvaro Obregón, al sur con Morelia y Charo, y al oeste con Chucándiro. Su distancia a la capital del estado es de 12 km.

Tiene Su superficie es de 256.95 km² y representa el 0.43% del total del estado. Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene una participación pluvial anual de 609 mm y temperaturas que oscilan de 2.5 a 25. 1 °C.

La orografía es el sistema volcánico transversal y los cerros Tecolote, de Oro, de Tlacuache y la calle de Tarímbaro; la hidrografía está compuesta por el río San Marcos, arroyos, manantiales de agua fría, represas y parte del lago de Cuitzeo

Fauna y Vegetación: La superficie forestal no es maderable y está ocupada por matorrales espinosos. Su fauna se conforma por coyote, tejón, zorrillo, tlacuache, conejo, liebre, gorrión, codorniz y golondrina.

Características y uso de suelo. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y plioceno; corresponden principalmente a los del tipo Chernozem. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadero

7.6 Suelos del área.

En orden de abundancia, las unidades de suelo en todos los municipios son Vertisol y Feozem; en Charo e Indaparapeo, Luvisol; y en Álvaro Obregón,

Planosol. Con base en el INEGI (2009) se hace una breve descripción de estos suelos:

Vertisol. Suelo negro o gris oscuro, se caracteriza por su alto contenido de arcilla expandible de tipo montmorillonita en húmedo que al secarse ocasiona que los suelos se contraigan y se agrieten. Este proceso genera que se mezclen los horizontes al haber eluviación e iluviación del material arcilloso, características que lo hacen difícil de manejar por su expansión contracción en periodos húmedos y secos, respectivamente.

Feozem. Son suelos de color oscuro por su alto contenido de materia orgánica, principalmente en el horizonte superficial. Son suelos húmedos con relieves suaves y fértiles para una gran variedad de cultivos aunque su principal limitación son las inundaciones y la erosión.

Luvisol. Se refiere al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profundas dando lugar al horizonte árgico. Estos suelos se desarrollan sobre gran variedad de materiales. Se localizan en zonas con pendientes suaves favorables para el uso potencial de los cultivos.

Planosol. Suelos localizado en zonas llanas estacionalmente inundadas, se caracterizan por la presencia de un horizonte eluvial degradado sobre un denso subsuelo. Son de tipo AEBC. La translocación de arcilla produce un horizonte blanqueado y de textura gruesa que sobreyace abruptamente a uno más fino, impidiendo la circulación del agua y esto ocasiona que sean usados como suelos de pastizal por su limitación a usos con fines agrícolas.

8. MATERIALES Y MÉTODOS.

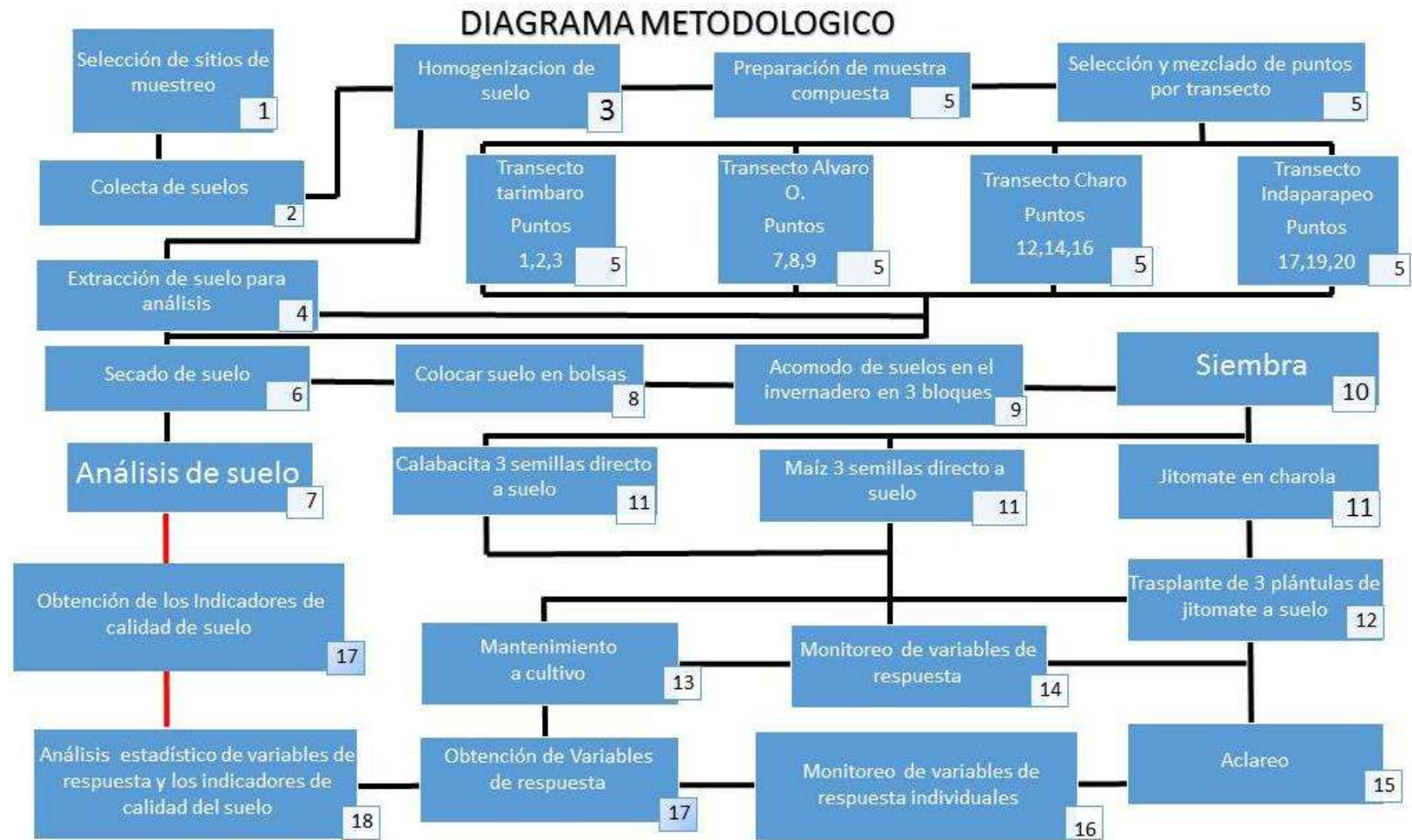


Figura 2. Diagrama metodológico.

8.1 Selección de los sitios de estudio

Los sitios de estudio considerados en la presente investigación se localizan en parcelas agrícolas de los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón, Charo e Indaparapeo identificados con números en la Figura 3. En especial los puntos correspondientes al presente trabajo se muestran en el Cuadro 2 y Figura 4.

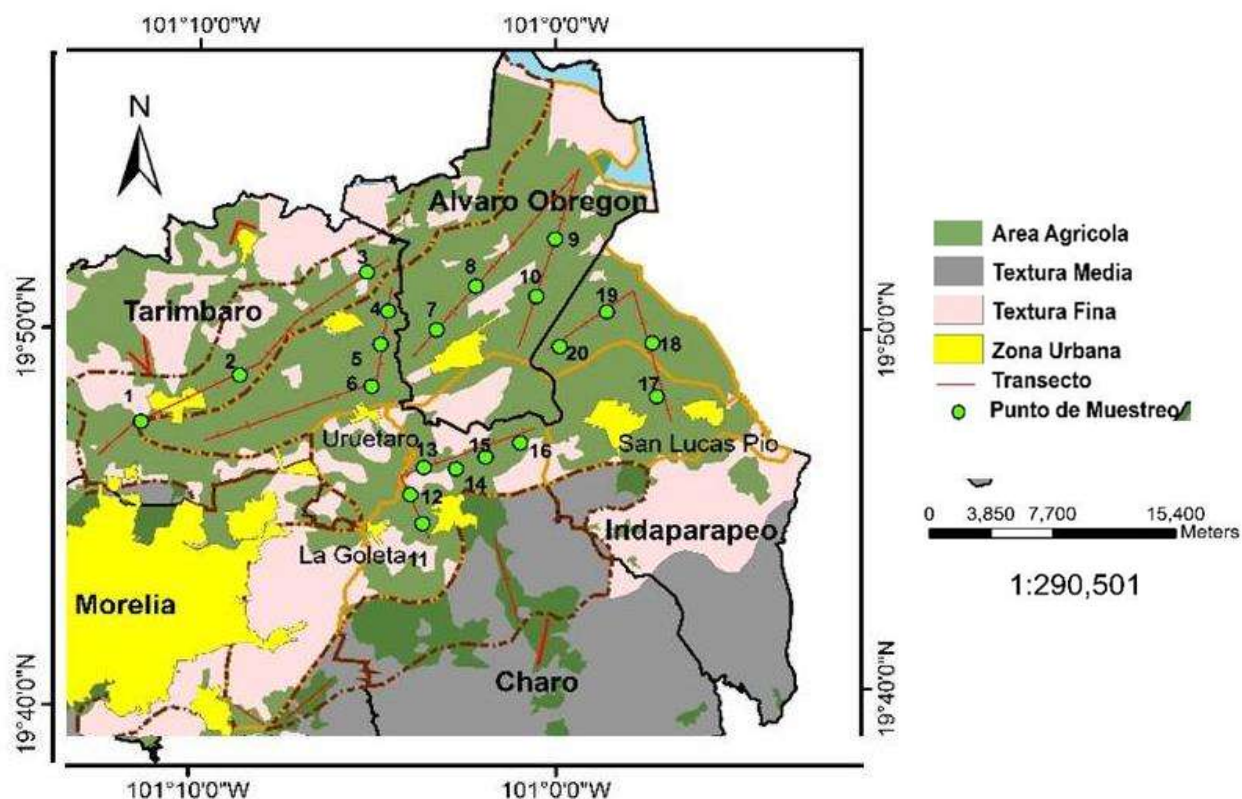


Figura 3. Distribución de los sitios de estudio. Tomado de Alemán (2013).

De acuerdo con Alemán (2013), la zona agrícola del área estudiada se identificó con el apoyo de la carta de uso de suelo y de vegetación escala 1:50 000 actualizados en el año 2010. Estas zonas se traslaparon con el tipo de suelo y la textura, resultando áreas homogéneas en cuanto a estos parámetros. En cada área homogénea se marcó transectos para definir sitios de muestreo (investigación previa). La elección de los transectos y de los sitios cumple con las especificaciones del inventario para un Levantamiento de suelos semidetallado para cartografía 1:50 000 (DOF, 2001).

Cuadro 2. Identificación de los sitios de estudio.

Transecto	Municipio	Nombre del sitio	Identificación de sitios
1	Tarímbaro	Tarímbaro iglesia	1
		Tarímbaro Uruetaro	2
		Tarímbaro Canal	3
2	Álvaro Obregón	Álvaro Obregón x	7
		Álvaro Obregón Aero	8
		Álvaro Obregón Auto pista	9
		Charo Colina	12
3	Charo	Charo Joya	14
		Charo Milpa seca	16
		Indaparapeo 11	17
4	Indaparapeo	Indaparapeo 9	19
		Indaparapeo 8	20

8.2 Diseño de muestreo de suelos.

El muestreo de suelos se realizó en cada uno de los transectos indicados en el Cuadro 2 y Figura 4 en donde cada transecto cuenta con tres sitios, dando un subtotal de 12. Además, para cada transecto se obtuvo una muestra compuesta que consistió en tomar suelo de los tres sitios del transecto, teniendo en total 16 muestras de suelo. El muestreo de suelos se realizó con dos fines, determinar los indicadores de calidad de los suelos a partir de sus propiedades físicas y químicas y servir de sustrato para los cultivos de calabacita, maíz y jitomate.

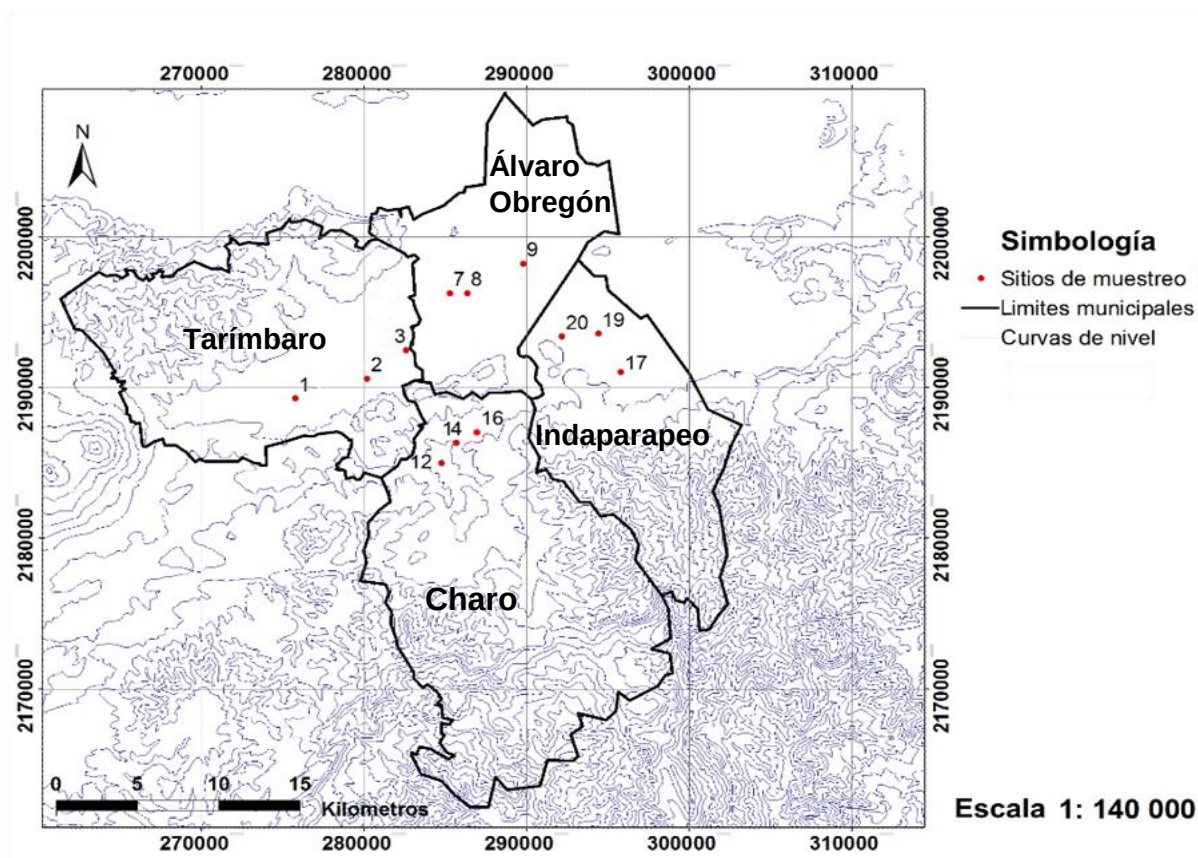


Figura 4. Localización de los sitios de estudio.

8.2 Descripción, colecta y preparación de los suelos

En cada sitio de estudio se realizó lo siguiente:

1. Un corte de suelo de 25 cm de profundidad por 40 cm de ancho y 40 cm de largo.
2. Una descripción de cada sitio y una descripción morfológica de suelo de acuerdo con el manual de campo de Cuanalo. (1990) (Anexo 1).
3. Colecta del suelo.

3.1 Indicadores de calidad del suelo.

Para cada sitio de estudio y de las muestras compuestas, se colectaron 2.0 kg de suelo homogeneizado en una bolsa de plástico debidamente etiquetada. Este suelo se trasladó al laboratorio de Investigación en Edafología de la Universidad

Michoacana de San Nicolás Hidalgo en donde se puso a secar al aire y a la sombra para su posterior análisis. Una vez seco el suelo, éste se trituro en un mortero de porcelana y se pasó por una malla de 2.0 mm de diámetro para obtener la fracción de tierra fina con la cual se determinaron los indicadores de calidad a través de las propiedades físicas y químicas de los suelos.

Los indicadores de calidad de los suelos se realizaron a partir de las siguientes propiedades (Cuadro 3) determinadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de suelos (DOF, 2003)

Cuadro 3 Indicadores de calidad de suelo.

Propiedades físicas y químicas		
Potencial de hidrógeno (pH)	Densidad real (DR)	Magnesio (Mg)
Conductividad eléctrica (CE)	Densidad aparente (DAP)	Potasio (K)
Materia orgánica (MO)	Textura	Sodio (Na)
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Espacio poroso (EP)	Nitrógeno (N)
Saturación de bases (SB)	Calcio (Ca)	Fosforo (P)

Los indicadores se determinaron mediante los siguientes métodos:

Físicas: *Textura*, por método de Bouyoucus que se basa en la velocidad de sedimentación de las partículas según la Ley de Stokes. *Densidad aparente (DAP)*, método de la parafina se basa en el principio de Arquímedes y *densidad real*, mediante un matraz aforado; porosidad, a partir de las densidades antes indicadas.

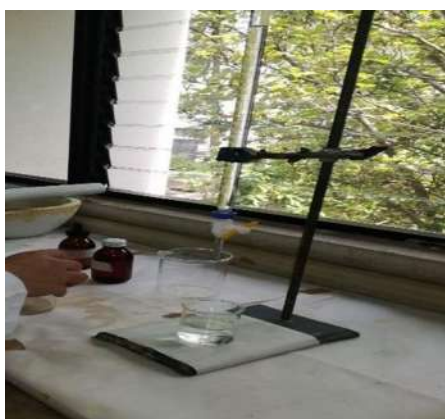


Textura del suelo



Agregados para DAP

Químicas: *pH y conductividad eléctrica* en una relación suelo agua 1:2.5 medidos en potenciómetro; materia orgánica, por el método de combustión húmeda de Walkley y Black; capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables por el método del acetato de amonio Ca y Mg por titulación y Na y K por flamometría la CIC se basa en la saturación de los sitios de absorción intercambiables con un solo catión (NH_4^+ o Ca^{++}) valorando posteriormente la cantidad total de cationes absorbidos. Fosforo por método Olsen determinado con este procedimiento ha mostrado una estrecha relación con la respuesta de los cultivos y nitrógeno inorgánico extraíble con el procedimiento micro-Kjeldahl que se basa en la extracción del amonio intercambiable.



Materia orgánica



Potenciómetro

3.2 Siembra de cultivos

Se extrajeron aproximadamente 500 kg suelo de cada sitio de estudio y de estos se tomaron 120 kg por sitio para las muestras compuestas, hasta completar 360 kg por transecto. En cada sitio, el suelo se mezcló para homogeneizarlo y empacarlo en costales de plástico debidamente identificados. Este procedimiento se realizó también para las muestras compuestas. El suelo se trasladó al invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia en donde se puso a secar al aire y a la sombra; removiéndolo para un secado homogéneo. Una vez seco, el suelo se trituroó manualmente con un mazo de concreto de 12 kg y una placa de concreto de 25 kg. La trituration se realizó para posibilitar el ingreso del suelo a la maceta para el experimento del cultivo de maíz, jitomate y calabacita.

8.3 Aspectos generales del invernadero y del experimento.

El invernadero en donde se ejecutó el experimento fue el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia ubicado a $19^{\circ}45'4.53''$ de latitud norte y a $101^{\circ} 9'47.15''$ de longitud oeste (Figura 5.) en el municipio de Tarímbaro Michoacán.

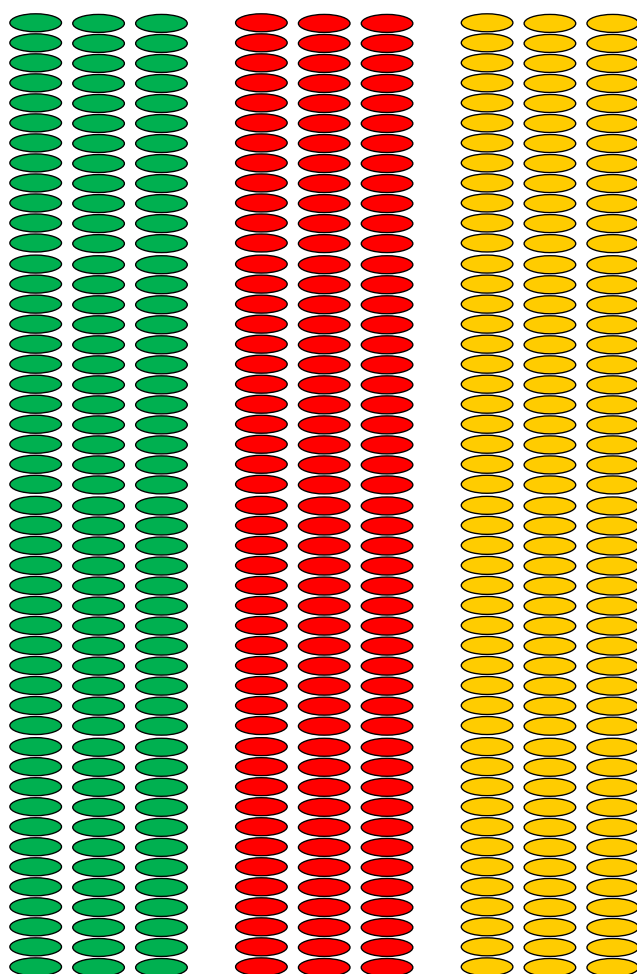


Figura 5. Sitio de trabajo.

El experimento consistió en plantar dentro de un invernadero calabacita maíz, y jitomate en macetas con diferentes muestras de suelo y monitorear el crecimiento de las plantas que consiste en medir y registrar variables de respuesta de manera que se aprecie el efecto causado por las diferentes muestras de suelo y los diferentes tratamientos, aplicando un total de tres repeticiones.

8.4 Conformación de macetas y bloques de experimentación.

Se colocaron 10 Kg de suelo en bolsas de plástico de 40 x 40 cm con un volumen de 14 L cada una, cumpliendo con la función de maceta. Se formaron tres bloques de macetas completamente aleatorizados (Figura 6 y Cuadro 3). Los bloques representaron los cultivos de calabacita maíz y jitomate, Cada bloque se constituyó de 144 macetas, con tres repeticiones y los tres tratamientos de fertilización dando un total de 432 macetas con una densidad de 2 macetas por metro cuadrado.



En la Figura 6 el bloque verde representa a la calabacita el rojo al jitomate y el amarillo al maíz, completando un total de 144 plantas por bloque, cada bloque incluye las 16 muestras de suelo que se trabajaron y las tres repeticiones de cada uno.

Un resumen de los elementos aplicados en el experimento en lo referente a bloques y tratamientos se muestra en el Cuadro 4.

Figura 6. Bloques de experimentación

Cuadro 3 Descripción de bloques y tratamientos

Cultivo	Bolsa (cm)	Suelo por bolsa	Sitios	Tratamientos	Cantidad de suelo (kg)	Repeticiones	Cantidad de suelo (kg)	Total, de unidades por bloque
Calabacita	40x40	10 kg	16	3	480	3	1440	144
Jitomate			16	3	480	3	1440	144
Maíz			16	3	480	3	1440	144
Total							4320	432

En lo referente a la fertilización se aplicaron tres tratamientos, uno sin fertilización, uno con lixiviado de lombriz y uno con solución Steiner su composición se especifica en el Cuadro 5; para su adecuada aplicación se identificaron las macetas con cinta de colores.

Cuadro 5 Composición de solución Steiner.

Elementos	Sales necesarias para 100L de agua
Ppm	G
Nitrógeno 167	Nitrato de calcio 98.918
Fósforo 31	Sulfato de magnesio
Potasio 277	(Sal de Epsom) 49.494
Magnesio 49	Nitrato de potasio 9.126
Calcio 183	Fosfato ácido de Potasio (KH_2PO_4) 13.608
Azufre 67	Sulfato de Potasio 45.132
Hierro 3	Quelato de hierro (EDTA) 3
Manganeso 1.97	Sulfato de Manganeso 0.19
Boro 0.44	Ácido Bórico en polvo 0.251
Zinc 0.11	Sulfato de zinc 0.0300
Cobre 0.02	Sulfato de cobre 0.0070
Molibdeno 0.007	Molibdato de Sodio 0.0012

8.5 Siembra.

Una vez conformados los bloques e identificados los tratamientos de fertilización se procedió a la siembra de la calabacita, maíz y jitomate, para dicha siembra se aplicaron diferentes técnicas dependiendo del tipo de cultivo, buscando emular lo más fielmente posible las condiciones que se aplican en campo, estas técnicas se detallan a continuación.

8.5.1 Siembra de calabacita (Cucurbita pepo).

En la práctica existen agricultores que siembran la semilla de calabacita directo al suelo y existen algunos otros que prefieren generar la plántula en un almacigo y posteriormente plantar, tomando en cuenta estas dos vertientes se hizo una combinación de ambas, se colocó la semilla directo a la maceta pero sobre sustrato de almácigo, con lo cual la semilla encontró un sustrato más amigable en sus etapas iniciales y no requirió de trasplante, evitando el estrés que este causa, es importante mencionar que como medida preventiva se colocaron dos semillas por maceta lo cual aumentó al doble la probabilidad de que al menos una planta germinara y creciera de forma adecuada.

Se utilizó la semilla huracán F1 un clásico de la zona con gran actividad comercial es una planta de hábito semi-abierto y vigor medio, amplia adaptabilidad y muy productiva. Es el estándar en el mercado de la calabacita gris, madurez relativa media-temprana. Fruto con ligero bulbo y forma recta, tamaños promedio 15.2 cm y color gris, larga vida de anaquel para el mercado (ver ilustración).

Tipo: Gris Zucchini
Variedad: Hurakan F1
Proveedor: Harris Moran
Peso Promedio/Tamaño: 15.2cm
(Ficha técnica de proveedor. S/A)



Calabacita Hurakan F1

8.5.2 Siembra de maíz (*Zea mays*).

En el caso del cultivo de maíz en nuestro país, la siembra siempre es directa al suelo y así fue como se aplicó en este experimento, colocando tres semillas de maíz por maceta lo cual aumento al triple la probabilidad de que al menos una planta germinara y creciera de forma adecuada.

Se aplicó la semilla H-318 un maíz muy adaptable con milpa de mediana estatura, una opción ideal para la zona, porque la semilla se desarrolla en la zona de Copándaro, comunidad en extremo cercana a la zona de estudio, la cual es fabricada por una empresa plenamente establecida con actividad a nivel nacional.

Características
Ciclo intermedio
Días a floración 70-80
Altura de planta (cm) 260-300
Altura mazorca (cm) 135
Color grano Blanco cremoso
Uso principal Grano
(Ficha técnica de proveedor
S/A)



Maíz H-318

8.5.3 Siembra de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

En el cultivo de jitomate al tratarse de una semilla muy pequeña y costosa, todos los productores generan la plántula y posteriormente proceden al trasplante, y esta fue la manera en la cual se realizó la siembra de este cultivo. Se almacigaron las semillas de jitomate en charolas de unicel a densidades menores a 480 plántulas por metro cuadrado para obtener los beneficios que Sánchez *et al.* (2012), menciona en su investigación. Para el almácigo se utilizó sustrato comercial y se trasplantó cuando la plántula alcanzó de 10 a 15 cm de altura.

Se utilizó una semilla utilizada en la región de Michoacán, INDIO 2 la cual es una planta de madurez precoz, compacta, muy productiva, con carga concentrada, excelente color y firmeza, así como uniformidad de frutos.

Tipo Roma Determinado
 Variedad: INDIO II
 Proveedor: UNITE GENETICS
 Tamaño: Grande y extra grande

(Ficha técnica de proveedor. S/A)



Jitomate Indio II

8.6 Aclareo.

Luego de tres semanas a partir de la germinación o trasplante de los diversos cultivos se procedió al aclareo, esto debido a que únicamente se contempló el medir las variables de respuesta de una sola planta por maceta. El aclareo consistió en remover con una navaja las plantas excedentes de cada maceta, dejando una la que presentaba mejores condiciones, el aclareo fue necesario ya que en el momento de la siembra se colocaron varias plantas o semillas por maceta como manera preventiva.

8.7 Variables de respuesta

Una vez montados los cultivos se monitorearon las variables de respuesta para el posterior análisis de los datos, las variables que evaluadas se indican en el Cuadro 6.

Cuadro 4 Variables de respuesta de los cultivos.

Calabacita	Maíz	Jitomate
Altura de planta	Altura de la planta	Altura de la planta
Numero de hojas	Grosor de tallo	Numero de racimos
Peso de frutos	Peso del elote CH	Peso de los frutos
Clorofila	Peso del elote SH	Clorofila
Grados brix	Peso de hoja	Grosor de tallo
Grosor de tallo	Clorofila	Numero de hojas

La medición de estas variables se realizó quincenalmente para poder apreciar el efecto de los tratamientos y registrar cambios considerables en las variables, aunque las mediciones se adaptaron a situaciones especiales y disponibilidad de recursos, además de variables que por sus características forzosamente tuvieron que medirse al final del proceso.

8.7.1 Método de medición

8.7.1.1 Calabacita

Se midieron dos alturas, una desde la base del tallo hasta el ápice o cogollo, la cual se denominó como “Altura al cogollo”, la otra medición se realizó desde la base del tallo hasta la hoja más alta de la planta, a esta altura se le denominó “Altura a hoja”, en ambos casos se midió de forma manual con ayuda de una cinta métrica o un flexómetro; el número de hojas se contabilizó de manera visual considerando todas las hojas vivas, el peso de los frutos se obtuvo con ayuda de una báscula electrónica con sensibilidad de 2 g, la clorofila, se obtuvo mediante un dispositivo SPAD tomando tres mediciones en diferentes zonas de la planta cada vez que se medía el parámetro, el grosor del tallo se midió en la base del tallo con ayuda de un vernier analógico y los grados brix, se obtuvieron con un refractómetro en el cual se colocaba el zumo del fruto.

8.7.1.2 Maíz

La altura se midió desde la base del tallo hasta el punto más alto de la planta con ayuda de un flexómetro, el grosor del tallo se dividió en dos medidas, el diámetro polar y diámetro ecuatorial diámetros que se denominaron respectivamente “Diámetro mayor” y “Diámetro menor” respectivamente, los cuales se midieron en la base del tallo con ayuda de un vernier analógico. El elote se pesó en una báscula electrónica con sensibilidad de 2 g, en este parámetro se consideró el Elote con hoja (CH), el elote sin hoja (SH) y por diferencia se obtuvo el peso de

hoja del fruto, la clorofila se obtuvo mediante la utilización de un dispositivo SPAD tomando tres mediciones en diferentes zonas de la planta cada vez que se realizó la medición.

8.7.1.3 Jitomate

La altura se midió con la utilización de un flexómetro, de la base del tallo a la parte más alta de la planta, el número de racimos se contabilizó visualmente al igual que el número de hojas, el grosor del tallo se evaluó en la base del mismo con ayuda de un vernier analógico, los frutos se pesaron en una báscula electrónica con sensibilidad de 2 g y la clorofila se midió con un dispositivo SPAD tomando tres mediciones en diferentes zonas de la planta al igual que con el resto de los cultivos.

8.8 Cuidados del cultivo

Durante el desarrollo del experimento se dio mantenimiento al cultivo. Los principales cuidados fueron irrigación, fertilización y control de plagas, y en el caso del jitomate el tutoreo de la planta para tenerla erguida.

8.8.1 Irrigación

Para cada uno de los cultivos existen datos puntuales, sin embargo resulta complicado seguir uno de estos criterios cuando se tienen suelos diferentes, lo que repercute en contar con datos diferentes de infiltración y retención de agua, por lo cual se utilizó un TDR (Reflectometría de Dominio Temporal) que determina con mucha precisión el contenido de humedad del suelo. Este contenido se calcula dentro de la unidad y los datos recogidos se pueden leer en una unidad de mano, registrados o enviados a por una red telemétrica a un PC para ser analizados. (Ficha técnica de proveedor.)

El sistema TDR se utilizó en los primeros riegos logrando identificar de manera visual los suelos con mayor y menor retención de agua, de esta manera aplicar dosis adecuadas de agua en cada uno de los riegos.

8.8.2 Fertilización

Otro factor clave para el mantenimiento de los cultivos fue la aplicación del fertilizante. Para cada uno los cultivos de calabacita maíz y jitomate se emplearon tres tratamientos, un testigo, sin fertilización a uno se les agrego lixiviado de lombriz y a otro solución Steiner.

En el caso del lixiviado de lombriz y la solución Steiner se procuró agregar la misma cantidad de fertilizante, con el fin en homologar las dosis, por ello se mandó analizar la composición del lixiviado para compararlo con la solución Steiner

Los resultados del análisis del lixiviado de lombriz (Cuadro 7) mostraron que su composición tenía concentraciones más altas que la solución Steiner, por lo cual se diluyo al 10% para su aplicación, de esta manera los componentes que coincidían de cada fertilizante tenían concentraciones similares por lo que se estableció agregar la misma unidad volumétrica, de 5 mL aplicados cada 15 días durante el desarrollo de cada cultivo.

Cuadro 5 Composición de los fertilizantes.

Composición del Lixiviado de lombriz		Dilución	Composición de la solución Steiner	
Componente	Ppm		Componente	Ppm
Materia orgánica	24800	2480	Nitrógeno	167
Nitrógeno	1200	120	Fósforo	31
Carbono	1440	144	Potasio	277
Fósforo	480	48	Calcio	183
Potasio	2280	228	Azufre	67
Calcio	2400	240	Hierro	3
Magnesio	1560	156	Magnesio	1.97
Sodio	105	10.5	Boro	0.044
			Zinc	0.11
			Cobre	0.02

8.8.3. Control de plagas

El control de plagas dentro del invernadero fue otro factor importante para el desarrollo de los cultivos, el control consistió en aplicar el insecticida orgánico “beauveria bassiana” combinado con un ovicida orgánico cada semana o quincena de acuerdo con la cantidad de insectos que se observaban en el área; y de manera excepcional se aplicaron un par de fumigaciones con cipermetrina, para el control de la mosquita blanca, para eliminar los hongos se aplicó de forma preventiva un fungicida orgánico cada quince días directo en la base de la planta.

8.9. Análisis de datos

Una vez concluida la etapa experimental en la cual se recolectaron los resultados de los cultivos de calabacita, maíz y jitomate, se procedió a evaluar los resultados. Para el análisis de estos datos se utilizó el software especializado conocido como STATISTICA, con el cual aplicándoles un análisis de varianza (ANOVA) de una vía se determinó si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de varios grupos.

En los casos donde se identificaron diferencias significativas se aplicó la prueba Tukey que permite identificar qué elementos generan la diferencia identificada en el análisis de varianza.

Se requirió de la generación de clases y niveles con los indicadores de calidad de suelo, para la aplicación de algunos análisis.

El análisis se aplicó atendiendo la información mostrada en la Figura 7.

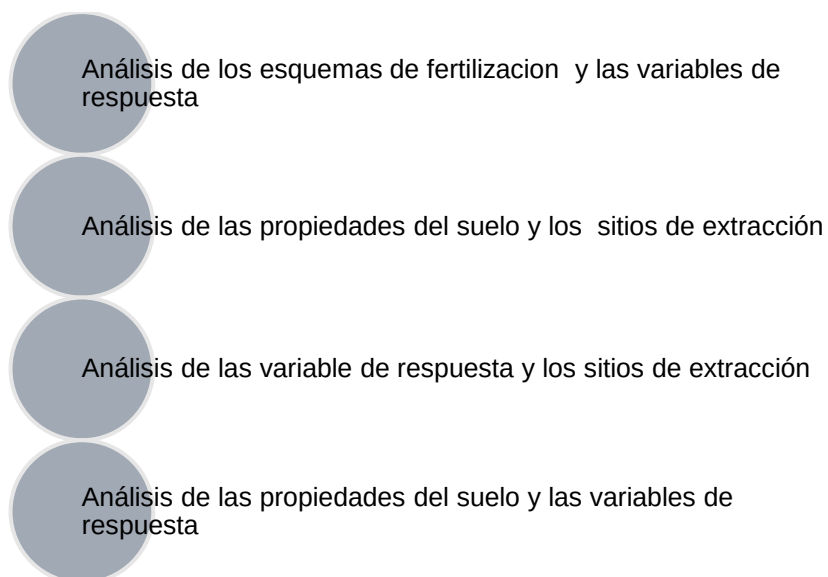


Figura 7. Esquema del análisis estadístico.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 15 diferentes propiedades del suelo que fungirán como indicadores de calidad del suelo dichos indicadores se analizarán con las variables de respuesta de los cultivos de calabacita maíz y jitomate y lograr identificar como responde cada cultivo a los indicadores.

Cabe resaltar que se aplicaron dos esquemas de fertilización sin embargo al no generar efectos en los cultivos se pudo tomar la totalidad de muestras para el análisis estadístico.

Propiedades	pH	CE	MO	Ca	Mg	Na	K	DR	CIC	Textura			Clase textural	DAP	SB	EP	N	P
										ARCILLA	LIMO	ARENA						
Sitio /Unidades de medida	AD	dSm ⁻¹	%	ppm	ppm	ppm	ppm	g cm ⁻³	cmol _c kg ⁻¹	%	%	%	AD	g cm ⁻³	%	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Tarímbaro Iglesia	7.51	0.18	1.86	2200	930	7.01	164.72	2.50	35.23	47.56	39.00	13.44	Arcillo limoso	1.86	54.51	25.80	47.00	51.00
Tarímbaro Canal	8.43	2.42	2.98	1500	1500	21.47	900.81	2.50	46.60	70.56	8.00	21.44	Arcilloso	1.89	48.06	24.28	75.00	17.00
Tarímbaro Uruetaro	7.64	1.63	2.10	1250	1740	11.62	890.51	2.50	46.60	60.56	10.00	29.44	Arcilloso	1.74	49.69	30.23	53.00	62.00
Tarímbaro Compuesta	7.86	1.41	2.31	1650	1390	13.37	652.01	2.50	42.81	59.56	19.00	21.44	Arcilloso	1.83	51.81	26.77	58.33	43.33
Charo Colina	7.88	0.23	2.10	1750	2250	2.25	656.30	2.50	40.35	32.56	35.00	32.44	Franco arcilloso	1.52	72.64	39.40	53.00	73.00
Charo Joya	6.57	0.17	2.49	1350	1740	23.30	442.68	2.50	39.78	38.56	30.00	31.44	Franco arcilloso	1.81	56.57	27.55	62.00	99.00
Charo Milpa seca	7.91	0.24	1.38	1500	1350	20.94	705.20	2.50	43.75	44.56	21.00	34.44	Arcilloso	1.69	47.30	32.30	35.00	52.00
Charo Compuesta	7.45	0.21	1.99	1533	1780	15.50	601.39	2.50	41.29	38.56	28.67	32.77	Arcilloso	1.67	58.53	33.08	50.00	74.67
Indaparapeo 11	4.45	0.86	1.05	3000	390	3.08	164.72	2.50	32.96	36.56	22.00	41.44	Franco arcilloso	1.74	62.27	30.58	26.00	71.00
Indaparapeo 8	7.47	1.46	1.08	1900	1410	10.99	463.27	2.50	48.87	68.56	13.00	18.44	Arcilloso	1.93	46.14	22.70	27.00	76.00
Indaparapeo 9	6.29	0.54	1.02	1600	1290	31.42	545.63	2.50	30.69	36.56	8.00	55.44	Franco arcillo arenoso	1.72	66.27	31.04	26.00	86.00
Indaparapeo Compuesta	6.07	0.95	1.05	2166	1030	15.16	391.21	2.50	37.51	47.23	14.33	38.44	Arcilloso	1.80	56.36	28.11	26.33	77.67
Álvaro ARCILLAS Obregón X	7.12	0.91	1.98	1500	1950	7.85	890.51	2.50	51.14	68.56	12.00	19.44	Arcilloso	1.87	51.11	25.18	50.00	86.00
Álvaro Obregón Aeropuerto	7.51	1.64	1.83	1400	120	13.61	247.08	2.50	38.64	66.56	12.00	21.44	Arcilloso	1.90	22.42	23.86	46.00	92.00
Álvaro Obregón Autopista	6.55	0.57	1.65	1400	1080	6.28	442.68	2.50	50.00	64.56	18.00	17.44	Arcilloso	1.87	34.26	25.12	41.00	98.00
Álvaro Obregón Compuesta	7.06	1.04	1.82	1433	1050	9.25	526.76	2.50	46.59	66.56	14.00	19.44	Arcilloso	1.88	37.15	24.72	45.67	92.00

Cuadro 8 Indicadores de calidad de suelos. AD: Adimensional

En el Cuadro 8 se pueden observar los resultados de los indicadores de calidad del suelo, esta tabla fue la base de datos, que se sometió al análisis estadístico para determinar la diferencia que existe entre cada uno de los puntos de extracción.

Cuadro 9 Indicadores de calidad de suelos por nivel.

Propiedades	pH	CE	MO	Ca	MG	Na	k	CIC	Textura	SB	EP	N	P
Rango	6.6-7.6 medio	bajo<.9 alto >.9	baja<1.85 Alta>1.85	bajo<1600 alto >1600	bajo<1400 alto >1400	bajo<12 alto >12	bajo<600 alto >600	Alto >42 bajo<42	Alto >50 bajo <50	alto >50 bajo <50	alto >28 bajo <28	alto >47 bajo <47	alto >75 bajo <75
Sitio /Unidades de medida	AD	dSm ⁻¹	%	ppm	Ppm	ppm	ppm	cmol _c kg ⁻¹	% Arcillas	%	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Tarímbaro Iglesia	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Tarímbaro Canal	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Tarímbaro Uruetaro	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Tarímbaro Compuesta	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Charo Colina	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo
Charo Joya	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto
Charo Milpa seca	Alto	Bajo	Baja	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Charo Compuesta	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo
Indaparapeo 11	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Indaparapeo 8	Medio	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Indaparapeo 9	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto
Indaparapeo Compuesta	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto
Álvaro Obregón X	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Álvaro Obregón Aeropuerto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Álvaro Obregón Autopista	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Álvaro Obregón Compuesta	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto

El cuadro 9 presenta el concentrado de valores del Cuadro 8 segmentado por niveles con el objetivo de analizar las propiedades del suelo y las variables de respuesta de los cultivos.

9.1 Esquemas de fertilización y las variables de respuesta.

De acuerdo con la composición química del lixiviado de lombriz y la solución Steiner la dosis aplicada a cada cultivo fue insuficiente, motivo por el cual no se observaron cambios en las variables de respuesta de los cultivos (Cuadros 10 y 11)

Cuadro 10 Dosis de lixiviado por cultivo.

Composición del Lixiviado de Lombriz		Calabacita 5 mL. quincenales	Maíz 5 mL. quincenales	Jitomate 5 mL. quincenales
Componente	Concentración ppm	Dosis en mg por 8 aplicaciones	Dosis en mg por 12 aplicaciones	Dosis en mg por 10 aplicaciones
Materia orgánica	2480	99.2	148.8	124
Nitrógeno	120	4.8	7.2	6
Carbono	144	5.76	8.64	7.2
Fosforo	48	1.92	2.88	2.4
Potasio	228	9.12	13.68	11.4
Calcio	240	9.6	14.4	12
Magnesio	156	6.24	9.36	7.8
Sodio	10.5	0.42	0.63	0.525

Cuadro 11 Dosis total de solución Steiner por cultivo.

Composición de la Solución Steiner		Calabacita 5 mL. quincenales	Maíz 5 mL. quincenales	Jitomate 5 mL. quincenales
Composición	Ppm	Dosis en mg por 8 aplicaciones	Dosis en mg por 12 aplicaciones	Dosis en mg por 10 aplicaciones
Nitrógeno	167	6.68	10.02	8.35
Fosforo	31	1.24	1.86	1.55
Potasio	277	11.08	16.62	13.85
Calcio	183	7.32	10.98	9.15
Azufre	67	2.68	4.02	3.35
Hierro	3	0.12	0.18	0.15
Magnesio	1.97	0.0788	0.1182	0.0985
Boro	0.044	0.00176	0.00264	0.0022
Zinc	0.11	0.0044	0.0066	0.0055
Cobre	0.02	0.0008	0.0012	0.001

9.2 Análisis de los indicadores de calidad del suelo.

Se analizó el suelo extraído de cada uno de los puntos de muestreo con la finalidad de evaluar a los indicadores de calidad y determinar si existe diferencia estadística entre de cada municipio, obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro 12 Análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo entre municipios.

Indicador	Municipio				Diferencia estadística
	1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
pH	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Tarímbaro es mayor a Indaparapeo
CE	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Charo	Tarímbaro es mayor a Charo
MO	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Indaparapeo es menor al resto de municipios
SB	Charo	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Álvaro Obregón es menor a Charo e Indaparapeo
DAP	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón es e mayor a Charo
Arcilla	Álvaro Obregón	Tarímbaro	Indaparapeo	Charo	Álvaro Obregón es mayor Indaparapeo y Charo, además Tarímbaro es e mayor a Charo
EP	Charo	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Charo es mayor a Álvaro Obregón
Ca	Indaparapeo	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón	Indaparapeo es mayor a Álvaro Obregón
N	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Indaparapeo es menor al resto de municipios
P	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Charo	Tarímbaro	Tarímbaro es menor al resto de municipios

El concentrado de los resultados de los análisis estadísticos de los indicadores de calidad se muestra en el Cuadro 12 donde se observa una variación importante en las posiciones que toma cada municipio dependiendo del indicador de calidad del que se trate dicha posición se indica en la parte superior de la tabla con un numero de esta manera es posible identificar que municipios alcanzaron los valores altos y bajos dependiendo de cada propiedad., Tarímbaro por ejemplo,

tuvo valores estadísticamente más altos en el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y el N, y al mismo tiempo, tuvo valores significativamente más bajos de Fósforo. El municipio de Charo presentó valores estadísticamente más altos en la saturación de bases y el espacio poroso, pero obtuvo valores estadísticamente más bajos de conductividad eléctrica, densidad aparente y el porcentaje de arcilla. En el caso de Indaparapeo, la cantidad de Ca fue estadísticamente más alta, y obtuvo valores estadísticamente más bajos de pH, materia orgánica y N, finalmente el municipio de Álvaro Obregón, obtuvo valores estadísticamente más altos de densidad aparente, porcentaje de arcilla y fósforo, y a su vez valores más bajos de saturación de bases, espacio poroso y calcio.

Cuadro 13 Valores críticos del análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo entre municipios.

Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST- HOC
pH	3.49	4.713	0.030	TUKEY
CE	3.49	3.32	0.056	
MO	3.49	9.95	0.001	
SB	3.49	5.18	0.015	
DAP	3.49	4.49	0.024	
Arcilla	3.49	7.29	0.004	
EP	3.49	4.49	0.024	
Ca	3.49	3.07	0.068	
N	3.49	10.33	0.001	
P	3.49	8.41	0.002	

Se puede observar en el Cuadro 13 los valores críticos resultantes del análisis de varianza de cada una de los resultados estadísticamente significativos plasmados en el Cuadro 12, (el análisis detallado y completo estos dos cuadros se presenta en el anexo II del título 14.2 al 14.3)

Es posible identificar en color rojo los indicadores de calidad del suelo que resultaron ser estadísticamente diferentes (Cuadro 14) en donde se observa que 10 de 15 propiedades son diferentes entre los municipios de estudio, es decir el .66% de ellas son diferentes.

Cuadro 14 Propiedades con diferencia estadística.

Propiedades físicas y químicas		
Potencial de hidrogeno (pH)	Densidad Real (DR)	Magnesio (Mg)
Conductividad eléctrica (CE)	Densidad aparente (DAP)	Potasio (K)
Materia Orgánica (MO)	Textura	Sodio (Na)
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Espacio porosos (EP)	Nitrógeno (N)
Saturación de bases (SB)	Calcio (Ca)	Fosforo (P)

9.3 Análisis estadístico de la calabacita.

9.3.1 Variables de respuesta y sitios de estudio.

Se obtuvieron los resultados de las variables de calabacita, algunos de los resultados son estadísticamente diferentes a los demás, en el Cuadro 15 se muestra que dos de siete variables de respuesta presentan diferencia estadística, concretamente los resultados del número de hojas y de grosor del tallo.

Cuadro 15 Análisis de la calabacita por municipio.

Variable	Municipio				Diferencia estadística
	1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
Altura a Hoja	Indaparapeo	Charo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	S / D
Altura a cogollo	Charo	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	S / D
Peso de Frutos	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro Obregón	S / D
Numero de Hojas	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro Obregón	Tarímbaro es mayor al resto de los municipios
Grosor de tallo	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Charo	Charo es menor a Indaparapeo y Tarímbaro
Clorofila	Tarímbaro	Indaparapeo	Álvaro Obregón	Charo	S / D
Grados Brix	Indaparapeo	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón	S / D

S/D: sin diferencia estadística.

El soporte estadístico que demuestra que si existe diferencia estadística como se mencionó anteriormente se observa en el Cuadro 16.

Cuadro 16 Valores críticos del análisis de la calabacita por municipio.

Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST HOC
Número de hojas	2.6	3.075	0.030	Tukey
Grosor del tallo	2.6	7.30	0.000	

Al interior de los municipios también se detectaron diferencias importantes (Cuadro 17), el municipio de Tarímbaro y Álvaro Obregón registraron diferencias significativas en el grosor Charo del tallo, Indaparapeo se mostró más volátil, ya que se presentaron diferencias significativas en la altura de la hoja, el peso de los frutos y el grosor del tallo, Charo por su parte no mostro diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 17 Análisis de la calabacita y al interior de los municipios.

Municipio	Variable	Sitio				Diferencia estadística
		1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
Tarímbaro	Grosor de tallo	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Canal es mayor al resto de los sitios, Tarímbaro Iglesia a su vez es menor al resto de los sitios.
Charo	S / D	S / D	S / D	S / D	S / D	S / D
Indaparapeo	Altura a Hoja	Indaparapeo 11	Indaparapeo 9	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 8	Indaparapeo 11 es superior a Indaparapeo compuesta e Indaparapeo 8
	Peso de Frutos	Indaparapeo 11	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo 11 es superior a Indaparapeo 9

	Grosor de tallo	Indaparapeo 11	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 9	Indaparapeo 8	Indaparapeo 11 es superior a Indaparapeo 9 e Indaparapeo 8
Álvaro Obregón	Grosor de tallo	Álvaro Obregón Compuesta	Álvaro Obregón X	Álvaro Obregón Aero	Álvaro Obregón Autopista	Álvaro Obregón Autopista es menor a Álvaro Obregón compuesta y Álvaro Obregón X

S/D: sin diferencia estadística.

Cuadro 18 Valores críticos del análisis de la calabacita y al interior de los municipios.

Municipio	Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST HOC
Tarímbaro	Grosor de tallo	2.60	26.46	0.000	TUKEY
Indaparapeo	Altura a Hoja	2.60	4.68	0.007	
	Peso de Frutos	2.60	2.94	0.047	
	Grosor de tallo	2.60	3.75	0.020	
Álvaro Obregón	Grosor de tallo	2.60	4.52	0.009	

La diferencia estadística de la calabacita al interior de los municipios se manifiesta en el Cuadro 18.

9.3.2 Indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta.

Se analizaron 15 indicadores de calidad del suelo, de los cuales en el caso de la calabacita, 8 lograron generar diferencias significativas en las variables de respuesta de dicho cultivo. En el Cuadro 19 se aprecia que el pH fue capaz de influir en el número de hojas y el grosor del tallo del cultivo y en ambos casos se obtuvieron valores más altos cuando el pH mostro niveles altos. .

Cuadro 19 Análisis estadístico del pH y las variables de respuesta de la calabacita.

Variable	Propiedad del suelo	Nivel			Diferencia estadística
		Máximo	Medio	Mínimo	
No. de hojas	pH	Alto	Bajo	Medio	El nivel alto entregó resultados más alto a los otros dos
Grosor de tallo	pH	Alto	Bajo	Medio	El nivel alto entregó resultados más alto a los otros dos

El resto de los indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta en las que generaron diferencias estadísticas muestran en qué nivel se obtuvieron mejores resultados, destacan las variables de grosor de tallo y altura a cogollo como las variables de respuesta más sensibles. Los niveles presentados en este y el resto de cultivos se detallan en el Cuadro 9.

En el caso del pH los resultados de número de hojas y grosor del tallo, fueron significativamente más altos en suelos ligeramente alcalinos, a pesar de que el rango recomendado para este cultivo varía de 5.5 y 6.8.

Cuadro 20 Análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta de la calabacita.

Variable	Propiedad del suelo	Nivel		Diferencia estadística
		Máximo	Mínimo	
Altura a cogollo	CE	Bajo	Alto	El nivel bajo de CE propicio que la altura a cogollo fuera mayor.
Grosor de tallo	CE	Alto	Bajo	Cuando la CE del suelo fue alta El grosor de tallo fue mayor
No. de hojas	K	Alto	Bajo	Niveles altos de potasio causaron que tanto el número de hojas como el grosor del tallo presentaran valores más altos
Grosor de tallo	K	Alto	Bajo	
Grosor de tallo	CIC	Alto	Bajo	La capacidad de intercambio catiónico influyó en el grosor de tallo de manera que a niveles más altos de CIC el grosor fue mayor
Altura a	Arcilla	Bajo	Alto	A niveles bajos de arcilla la altura a

cogollo				cogollo fue más alta.
Grosor de tallo	Arcilla	Alto	Bajo	El grosor del tallo de la planta fue más alto cuando los niveles de arcilla fueron altos.
Altura a cogollo	SB	Alto	Bajo	Cuando la saturación de bases estuvo en un nivel alto la altura a cogollo fue significativamente más alta.
Altura a cogollo	Espacio Poroso	Alto	Bajo	Tanto la altura a hoja como la altura a cogollo fueron mayores cuando la porosidad estuvo en un nivel alto
Altura a hoja	Espacio Poroso	Alto	Bajo	
Altura a cogollo	P	Bajo	Alto	El nivel de fosforo afecto cuatro variables la altura a cogollo, la altura a hoja, el número de hojas y los grados brix, y todas estas variables fueron mayores cuando el nivel de fosforo fue más bajo.
Altura a hoja	P	Bajo	Alto	
No. de hojas	P	Bajo	Alto	
Grados brix	P	Bajo	Alto	

La CE y la cantidad de arcilla afectaron la altura a cogollo, en este caso la altura fue mayor, cuando se observaron niveles bajos de los indicadores mencionados lo cual quiere decir que la altura se vio favorecida cuando los nutrientes eran escasos, esto podría indicar que dicho incremento de altura correspondió a un reflejo de la planta en busca de más luz para complementar esa deficiencia, ya que el grosor del tallo, el número de hojas y la mayoría de las variables de respuesta respondieron mejor cuando los niveles de nutrientes fueron más altos, el espacio poroso en su nivel bajo favoreció ambas alturas lo cual se alinea con lo mencionado anteriormente ya que mayor porosidad implica menor cantidad de arcilla y por consiguiente menor cantidad de nutrientes disponibles, el P afecto al cultivo, el cual prefirió los niveles más bajos del elemento que en este caso es de menos de 75 kg ha^{-1} , para la CIC el porcentaje de arcilla y la saturación de bases en general otorgaron mejores resultados en su nivel alto (Cuadro 20). El análisis estadístico detallado de la calabacita se presenta en el anexo II(a partir del punto 14.3 al 14.3.2. y del 14. 4.1 al 14.4.2).

9.4 Análisis estadístico del Maíz.

9.4.1 Variables de respuesta y sitios de estudio.

Los sitios de estudio obtuvieron cierto desempeño para cada una de las variables que se le midieron al maíz y algunos de estos resultados son estadísticamente diferentes a los demás. El Cuadro 21 muestra que 4 de 9 variables, el 44% presentan diferencia estadística, concretamente los resultados del Diámetro menor, Elote con hoja (CH), Elote sin hoja (SH) y peso de la hoja del fruto. El soporte estadístico se presenta en el cuadro 22.

Cuadro 21 Análisis del maíz por municipio.

Variable	Municipio				Diferencia estadística.
	1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
Altura	Álvaro Obregón	Tarímbaro	Indaparapeo	Charo	S / D
Diámetro mayor	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Charo	S / D
Diámetro menor	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Charo	El municipio de Charo observo medidas del diámetro menores a Indaparapeo
No. de Hojas	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Charo	S / D
Clorofila	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Charo	S / D
Elote CH	Álvaro Obregón	Tarímbaro	Indaparapeo	Charo	El municipio de Charo presento frutos más pequeños que Álvaro Obregón
Elote SH	Álvaro Obregón	Tarímbaro	Indaparapeo	Charo	El municipio de Charo presento frutos más pequeños que Álvaro Obregón y Tarímbaro
Hoja	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Tarímbaro	Charo	S / D
% de grano	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Charo	El municipio de Tarímbaro presenta niveles superiores de % de grano, que los municipios de Indaparapeo y Charo.

S/D: sin diferencia estadística.

Cuadro 22 Valores críticos del Análisis del maíz por municipio.

Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST HOC
Diámetro menor	2.6	3.31	0.0221	TUKEY
Elote CH	2.6	2.81	0.04	
Elote SH	2.6	4.18	0.007	
% de grano	2.6	4.89	0.002	

Al interior de los municipios también se detectaron diferencias importantes Cuadro 23, el municipio de Tarímbaro obtuvo diferencias significativas en 5 variables de respuesta, en ese mismo tenor Charo registro diferencias significativas en seis diferentes variables, pero destaca que en todas estas, el suelo del sitio “Charo milpa seca” tiene los valores más bajos. Indaparapeo se mostró más estable con solo 2 variables con diferencia y el municipio de Álvaro Obregón no presento diferencias en este apartado. Los valores críticos que avalan lo anterior se muestran en el Cuadro 24.

Cuadro 23 Análisis del maíz al interior de los municipios.

Municipio	Variable	Sitio				Diferencia estadística
		1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
Tarímbaro	Diámetro mayor	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Iglesia es mayor a Tarímbaro canal
	Diámetro menor	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Canal es menor a los sitios, Tarímbaro Iglesia y Tarímbaro compuesta.
	Altura	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Canal es menor a los sitios, Tarímbaro Iglesia y Tarímbaro compuesta.
	Elote CH	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Iglesia es mayor a Tarímbaro canal
	Peso de hoja	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Iglesia es mayor a Tarímbaro Uruetaro y Tarímbaro Canal
Charo	Diámetro menor	Charo Joya	Charo Compuesta	Charo Colina	Charo milpa seca	Charo joya es mayor a Charo milpa seca

	No. de hojas	Charo Joya	Charo Compuesta	Charo Colina	Charo milpa seca	Charo milpa seca es menor al resto de los sitios
	Clorofila	Charo Joya	Charo Compuesta	Charo Colina	Charo milpa seca	Charo joya y Charo Compuesta son mayor al resto de los sitios
	Elote CH	Charo Joya	Charo Compuesta	Charo Colina	Charo milpa seca	Charo milpa seca es menor al resto de los sitios
	Elote SH	Charo Joya	Charo Compuesta	Charo Colina	Charo milpa seca	Charo joya y Charo Compuesta son mayores a Charo milpa seca
	Peso de hoja	Charo Joya	Charo Colina	Charo Compuesta	Charo milpa seca	Charo joya y Charo colina son superiores a Charo milpa seca
Indaparapeo	Diámetro mayor	Indaparapeo 11	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 9	Indaparapeo 8	Indaparapeo 11 es superior a Indaparapeo 9 y 8, e Indaparapeo compuesta es mayor a Indaparapeo 8
	Diámetro menor	Indaparapeo 11	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 9	Indaparapeo 8	
Álvaro Obregón	S / D	S / D	S / D	S / D	S / D	S / D

S/D: sin diferencia estadística.

Cuadro 24 Valores críticos del análisis del maíz al interior de los municipios.

Municipio	Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST HOC
Tarímbaro	Diámetro mayor	2.90	2.9	0.050	TUKEY
	Diámetro menor	2.90	5.21	0.004	
	Altura	2.90	4.56	0.009	
	Elote CH	2.90	3.63	0.023	
	Peso de hoja	2.90	6.84	0.001	
Charo	Diámetro menor	2.90	4.017	0.015	
	Número de hojas	2.90	11.35	0.000	
	Clorofila	2.90	9.22	0.000	
	Elote CH	2.90	8.43	0.000	
	Elote SH	2.90	8.83	0.000	
	Peso de hoja	2.90	5.02	0.005	
Indaparapeo	Diámetro mayor	2.90	10.93	0.000	
	Diámetro menor	2.90	10.81	0.000	

9.4.2. Indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta.

Se analizaron 15 indicadores de calidad del suelo, de los cuales, en el caso del Maíz, 10 lograron generar diferencias significativas en las variables de respuesta de dicho cultivo, en el Cuadro 25 se aprecia que el pH fue capaz de influir en el grosor del tallo y el peso del Elote y en el caso del grosor del tallo los valores más altos se encontraron cuando el pH se manejó en un nivel bajo mientras que en el peso del fruto se obtuvo mejor rendimiento cuando el pH se mantuvo en un nivel medio.

Cuadro 25 Análisis estadístico del pH y las variables de respuesta del maíz.

Variable	Propiedad del suelo	Nivel			Diferencia estadística
		Máximo	Medio	Mínimo	
Diámetro Mayor	pH	Bajo	Medio	Alto	El nivel Bajo de pH genera un Diámetro mayor a cuando está en un nivel alto
Diámetro menor	pH	Bajo	Medio	Alto	
Elote CH	pH	Medio	Bajo	Alto	El nivel alto de pH provoca resultados más bajos al pH medio en el peso del fruto
Elote SH	pH	Medio	Bajo	Alto	
Peso de hoja	pH	Medio	Bajo	Alto	El peso de la hoja cuando el pH está en un nivel alto es más bajo que cuando está en nivel medio y bajo

En el Cuadro 26 se muestran el resto de las propiedades del suelo y las variables de respuesta que resultaron significativas para el caso del maíz, señalando en qué nivel se obtuvieron mejores resultados, destacan las variables de No. de hojas, los diámetros del grosor del tallo y el peso del fruto, como las variables de respuesta más sensibles.

Cuadro 26 Análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta del maíz.

Variable	Propiedad del suelo	Nivel		Diferencia estadística
		Máximo	Mínimo	
Número de hojas	CE	Alto	Bajo	El nivel alto de CE propicio un mayor No. de hojas
Número de hojas	MO	Alto	Bajo	Los niveles altos de materia orgánica favorecieron el peso del fruto y el número de hojas
Elote CH	MO	Alto	Bajo	
Elote SH	MO	Alto	Bajo	
Diámetro Mayor	Ca	Alto	Bajo	Los niveles altos de calcio Influyeron positivamente en el grosor del tallo.
Diámetro menor	Ca	Alto	Bajo	
Altura	Na	Bajo	Alto	El peso del fruto y la altura de la planta se desarrollaron mejor cuando los niveles de Na fueron más bajos.
Elote CH	Na	Bajo	Alto	
Elote SH	Na	Bajo	Alto	
Peso de hoja	Na	Bajo	Alto	
Diámetro Mayor	CIC	Bajo	Alto	La CIC en su nivel bajo favoreció los diámetros del grosor del tallo.
Diámetro menor	CIC	Bajo	Alto	
Elote CH	Arcilla	Alto	Bajo	Niveles altos de arcilla propiciaron el desarrollo del fruto del maíz
Elote SH	Arcilla	Alto	Bajo	
Diámetro Mayor	SB	Alto	Bajo	Cuando el nivel de SB fue alto las variables del grosor del tallo y el No. de hojas alcanzaron valores más altos
Diámetro menor	SB	Alto	Bajo	
Número de hojas	SB	Alto	Bajo	
Altura	EP	Bajo	Alto	El espacio poroso en su nivel bajo favoreció significativamente a la altura el no. De hojas y el peso del fruto
Número de hojas	EP	Bajo	Alto	
Clorofila	EP	Bajo	Alto	
Elote CH	EP	Bajo	Alto	
Elote SH	EP	Bajo	Alto	
Peso de hoja	EP	Bajo	Alto	
Elote CH	N	Alto	Bajo	Los niveles altos de nitrógeno favorecieron significativamente al Elote
Elote SH	N	Alto	Bajo	
Peso de hoja	N	Alto	Bajo	

El cultivo del maíz en general prefirió niveles altos de nutrientes, esto resulta lógico enfatizando que se trabajó en un suelo sin fertilización. es por ello que se obtuvieron mejores resultados donde el suelo presento niveles altos de materia orgánica y porcentaje de arcilla así como saturación de bases, cuando el suelo presento niveles altos de N el peso de los frutos se vio favorecido, dichos

resultados coinciden parcialmente con Díaz *et al.* (2009.) quien encontró que niveles crecientes de N favorecen el rendimiento del maíz.

En el caso del efecto del sodio en el maíz se mostró mayor crecimiento en suelos con niveles de sodio más bajos estos resultados coinciden con lo reportado por Laynez-Garsaball (2008.) quien encontró que la salinidad del suelo provoca una sintomatología relacionada con una inhibición irreversible del crecimiento: menor área foliar y talla de la planta (el crecimiento es lento y no llega a ser completo), menor producción de materia seca, quemaduras en los bordes de las hojas, entre otros factores.

Finalmente, el espacio poroso otorgó los mejores resultados en su nivel bajo; éste hecho es afín al resto de indicadores ya que menor porosidad indica cantidades más altas de arcilla la cual a su vez aumenta la capacidad de intercambio catiónico y por consiguiente los nutrientes disponibles como es el caso del K que otorgó resultados significativos y prefiriendo los niveles altos del elemento. El análisis detallado del maíz se muestra en el anexo II (del título 14.3.2 al 14.3.3. y del 14.4.2 al 14.4.3)

9.5 Análisis estadístico del Jitomate

9.5.1 Variables de respuesta y sitios de estudio.

De la misma manera que en los otros cultivos para el caso del jitomate los sitios de extracción del suelo se desempeñaron de diferente manera dependiendo de la variable, en los Cuadro 27 y 28 , se muestra que 5 de las 6 variables de respuesta evaluadas presentaron diferencia estadística, únicamente la clorofila no mostro diferencias importantes.

Cuadro 27 Análisis del jitomate por municipio.

Variable	Municipio				Diferencia estadística
	1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
Altura	Indaparapeo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Charo	Charo es menor al resto de municipios
Grosor de tallo	Tarímbaro	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Charo	Indaparapeo y Charo tienen valores menores de grosor de tallo que Tarímbaro y Álvaro Obregón
Número de hojas	Tarímbaro	Indaparapeo	Álvaro Obregón	Charo	el municipio de Charo presenta valores más bajos que Tarímbaro e Indaparapeo
Número de racimos	Tarímbaro	Indaparapeo	Álvaro Obregón	Charo	Charo es menor al resto de los municipios
Clorofila	Tarímbaro	Indaparapeo	Álvaro Obregón	Charo	S / D
Peso de los frutos	Álvaro Obregón	Indaparapeo	Tarímbaro	Charo	Álvaro Obregón el peso de los frutos es estadísticamente superior a Charo

S/D: Sin diferencia estadística.

Cuadro 28 Valores críticos del análisis del jitomate por municipio.

Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST HOC
Altura	2.6	4.82	0.003	TUKEY
Grosor de tallo	2.6	16.97	0.000	
Número de hojas	2.6	4.71	0.003	
Número de racimos	2.6	6.96	0.000	
Peso de los frutos	2.6	3.42	0.019	

Al interior de los municipios también se detectaron diferencias importantes como se observa en los Cuadros 29 y 30, el municipio de Tarímbaro obtuvo diferencias significativas para la clorofila, mientras que Charo registró diferencias significativas en el grosor del tallo, Indaparapeo muestra diferencias en 2 variables de respuesta al igual que el municipio de Álvaro Obregón.

Cuadro 29 Análisis del jitomate al interior de los municipios.

Municipio	Variable	Sitio				Diferencia estadística
		1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	
Tarímbaro	Clorofila	Tarímbaro Compuesta	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Uruetaro es menor a Tarímbaro compuesta y Tarímbaro canal.

Charo	Grosor de tallo	Charo Joya	Charo Colina			El grosor del tallo es superior en Charo joya.
Indaparapeo	Altura	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 9	Indaparapeo 11 es superior a Indaparapeo compuesta e Indaparapeo 8
	Número de racimos	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo Compuesta	Indaparapeo 9	Indaparapeo 11 es superior a Indaparapeo 9
Álvaro Obregón	Peso de los frutos	Álvaro Obregón X	Álvaro Obregón Compuesta	Álvaro Obregón Autopista	Álvaro Obregón Aero	Álvaro Obregón X presento frutos más pesados
	Grosor de tallo	Álvaro Obregón X	Álvaro Obregón Compuesta	Álvaro Obregón Autopista	Álvaro Obregón Aero	Álvaro Obregón Aeropuerto es menor al resto de los sitios.

Cuadro 30 Valores Críticos del Análisis del jitomate al interior de los municipios.

Municipio	Indicador	F Tabulada	F Calculada	Estadístico p	POST-HOC
Tarímbaro	Clorofila	2.9	4.22	0.012	TUKEY
Charo	Grosor de tallo	4.49	30.04	0.000	
Indaparapeo	Altura	2.9	6.71	0.001	
	Número de racimos	2.9	3.22	.035	
Álvaro Obregón	Peso de los frutos	2,9	2.95	0.047	
	Grosor de tallo	2.9	8.73	0.000	

9.5.2. Indicadores de calidad del suelo y variables de respuesta.

Se analizaron 15 indicadores de calidad del suelo, de los cuales en el caso del Jitomate 10 influyeron significativamente en las variables de respuesta, en el Cuadro 31 se aprecia que el pH fue capaz de influir en el grosor del tallo y el peso de los frutos, obteniendo el mejor rendimiento para ambas variables cuando el pH se mantuvo a un nivel medio.

Cuadro 6 Análisis estadístico del pH y las variables de respuesta del jitomate.

Variable	Propiedad del suelo	Nivel			Diferencia estadística
		Máximo	Medio	Mínimo	
Peso de los frutos	pH	Medio	Bajo	Alto	El nivel alto entregó resultados más bajos que el nivel medio
Grosor de tallo	pH	Medio	Alto	Bajo	El nivel medio entregó resultados más altos que el nivel bajo

En el Cuadro 32, se muestran el resto de las propiedades del suelo y las variables de respuesta que resultaron significativas para el caso del jitomate señalando en qué nivel se obtuvieron mejores resultados, resaltando que el grosor del tallo nuevamente se muestra sensible a las propiedades del suelo.

Cuadro 7 Análisis estadístico de los indicadores de calidad del suelo y las variables de respuesta del jitomate.

Variable	Propiedad del suelo	Nivel		Diferencia estadística.
		Máximo	Mínimo	
Altura	CE	Alto	Bajo	La Altura, el grosor del tallo y el no. de racimos fueron significativamente cuando la CE estuvo en un nivel alto
Grosor de tallo	CE	Alto	Bajo	
Número de Racimos	CE	Alto	Bajo	
Grosor de tallo	MO	Alto	Bajo	El grosor de tallo fue estadísticamente más alto cuando la materia orgánica se mantuvo en un nivel alto
Grosor de tallo	Ca	Bajo	Alto	Los niveles altos de calcio influyeron negativamente en el grosor del tallo.
Altura	Na	Bajo	Alto	El peso del fruto y la altura de la planta se desarrollaron mejor cuando los niveles de Na fueron más bajos.
Peso de Frutos	Na	Bajo	Alto	
Grosor de tallo	K	Alto	Bajo	El grosor de tallo presentó valores más altos cuando el K mantuvo niveles altos
Altura	CIC	Alto	Bajo	La CIC en su nivel alto favoreció los diámetros del grosor del tallo, la altura de la planta y el no. de racimos
Grosor de tallo	CIC	Alto	Bajo	
Número de Racimos	CIC	Alto	Bajo	
Altura	Arcilla	Alto	Bajo	Niveles altos de arcilla ayudaron a que la altura, el grosor del tallo y el no. de racimos alcanzaran valores más altos
Grosor de tallo	Arcilla	Alto	Bajo	
Número de racimos	Arcilla	Alto	Bajo	
Grosor de tallo	EP	Bajo	Alto	El grosor de tallo mostró valores más altos cuando el EP fue bajo
Grosor de tallo	N	Alto	Bajo	Niveles altos de N favorecieron el desarrollo del tallo del jitomate.

El cultivo de jitomate obtuvo resultados importantes y muy parecidos a los de su similar del maíz, los valores más altos que indican mejor desarrollo de la planta y por lógica mayor calidad del suelo se manifestaron en los suelos con cantidades elevadas de nutrientes prefiriendo niveles altos de nitrógeno (N) y niveles bajos de sodio lo cual coincide con los autores Laynez-Garsaball (2008) y Díaz *et al* (2009) citados anteriormente, además que prefirió niveles altos de arcilla, capacidad de intercambio catiónico CIC, conductividad eléctrica y materia orgánica (MO) y bajos de espacio poroso hecho que confirma lo dicho. El análisis detallado del jitomate se muestra en el anexo II (del título 14.3.3 al 14.4 y del 14.4.3 en adelante)

10. CONCLUSIONES

Se evaluó el efecto de los siguientes indicadores de calidad del suelo textura, densidad aparente, densidad real, espacio poroso, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases Ca, Mg, K, Na, N y P.

Sesenta y siete por ciento de los indicadores de calidad de suelo evaluados fueron estadísticamente diferentes entre los municipios y al interior de los mismos.

Cincuenta y tres por ciento de los indicadores de calidad de suelo evaluados afectaron el desarrollo de 5 variables de respuesta de la calabacita, el grosor del tallo se vio beneficiado cuando el pH(valores mayores a 7.6) , la CE (valores entre 0.9 y 2.42 dSm⁻¹), la arcilla(más de 50%), el K(más de 600 ppm) y la CIC (más de 42 Cmol_cKg⁻¹) manifestaron niveles altos. La altura al cogollo fue mayor cuando la CE (menos de 0.9 dSm⁻¹), la arcilla (menos de 50%) y el fósforo (menos de 75 kg ha⁻¹) presentaron niveles bajos, además de cuando la SB (menos de 50%) y el EP (más de 28%) mantuvieron niveles altos. La cantidad de hojas fue mayor cuando el pH y el K presentaron niveles altos y cuando el fósforo presentó niveles bajos, finalmente la altura a hoja fue mayor cuando el EP presentó un nivel alto y el P un nivel bajo. El municipio con mejor rendimiento de este cultivo fue Tarímbaro.

Diez de los quince indicadores de calidad evaluados afectaron las variables de respuesta del maíz, el grosor del tallo mejoró cuando el pH, Ca(más de 1600ppm) y SB tuvieron un nivel alto, así como cuando la CIC tuvo un nivel bajo, la cantidad de hojas aumentó cuando la CE y MO(más de 1.85%) presentaron niveles altos, el fruto se vio beneficiado cuando la arcilla, N(más de 47 kg ha⁻¹) y MO tuvieron niveles altos, así como cuando el Na (menos de 12 ppm) y el EP(menos de 28%) presentaron un nivel bajo y el pH un nivel medio(entre 6.6 y 7.6). La altura fue mayor cuando el Na y EP presentaron niveles bajos y la clorofila por su parte

aumento cuando el EP fue bajo. Este cultivo mostro máximos rendimientos en Álvaro Obregón.

Sesenta y siete por ciento de los indicadores de calidad del suelo analizados afectaron 5 variables de respuesta del jitomate, el grosor del tallo se benefició cuando la arcilla, CE, MO, K, CIC y N presentaron un nivel alto así como cuando el pH presento un nivel medio y el Ca, Na y EP mostraron niveles bajos la altura del cultivo fue mayor cuando la arcilla, CE y CIC adoptaron niveles altos y cuando el Na fue bajo, el fruto se favoreció con el pH en su nivel medio, el Na en su nivel bajo y la CE a nivel alto, finalmente niveles altos de CIC y arcilla aumentaron el número de racimos. Este cultivo mostro el mejor rendimiento en Tarímbaro.

Estos indicadores coinciden en los tres cultivos analizados por lo cual se pueden considerar como buenos indicadores de calidad del suelo. pH, CE, CIC, arcilla, EP

Entre la calabacita y el maíz coincide además la SB

Entre la calabacita y el jitomate coincide el K

Entre el jitomate y el maíz coincide además MO, Na y Ca

Las dosis de fertilizante iguales o menores a las aplicadas en el presente trabajo no generan efecto alguno en el desarrollo del cultivo y por tanto no modifican el efecto de los indicadores.

El sitio del municipio de Charo denominado genéricamente como Charo milpa seca no es capaz de soportar los cultivos de calabacita y jitomate y observa pésimos rendimientos al cultivar maíz.

Las posiciones que tomo cada municipio respecto al desempeño de la calabacita, maíz y jitomate se muestran en el Cuadro 33.

Cuadro 8 Desempeño de municipios por cultivo.

Cultivo		
Calabacita	Maíz	Jitomate
1. Tarímbaro	1. Álvaro Obregón	1. Tarímbaro
2. Indaparapeo	2. Tarímbaro	2. Álvaro Obregón e
3. Charo	3. Indaparapeo	Indaparapeo
4. Álvaro Obregón	4. Charo	3. Charo

11. RECOMENDACIONES

El presente trabajo evaluó la calidad de suelo por medio de indicadores de calidad en diferentes cultivos y con suelos de sitios diferentes, encontrando una buena cantidad de información y hallazgos en cuanto a los indicadores y las preferencias de los diferentes cultivos, sin embargo en el experimento realizado no se controlaron los niveles de los diferentes indicadores lo cual hace un tanto complejo el análisis, sería importante la evaluación de los indicadores identificados como significativo controlando el nivel en que se presenta cada indicador, así como identificar y evaluar las interacciones que puedan influir en el desarrollo de los cultivos, además de integrar si es que las hay correlaciones y regresiones que logren explicar más a detalle lo reportado en el presente trabajo y desde luego realizar más estudios con dosis superiores de fertilizante.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudo-Martínez, L. J. Villarreal-Núñez, J. Villaláz-Perez, I. Pla-Sentis, F. Rosales, L. Pocasangre, 2013. ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO EN ÁREAS CULTIVADAS CON BANANO EN PANAMÁ. *Agronomía Mesoamericana*, Julio-diciembre, P. 301-315.

Alcalá D. J., M., M. O. Cortés V., J. C. González C. 2015. Materia orgánica y fertilidad del suelo. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí, S. L. P.

Aldaco N, R. A, M. E. Juárez H, M. A. Segura C, J. Olague R, G. Hernández O. 2007. Lixiviado de Lombricomposta sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de maíz forrajero, Torreón Coahuila. *Memorias de Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología agropecuaria*. P.217-220.

Alemán, J. 2013. Evaluación de la emisión de partículas menores a diez micrómetros (PM₁₀) como producto de la erosión eólica en áreas agrícolas de Morelia y zonas aledañas. Tesis de Maestría. UMSNH. Morelia, Mich. P 112..

Arshad, M.A y Martín, S., (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88:153-160.

Astier-Calderón, M., Maas, M., & Etchevers, J. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36, 605-620.

Báez-Pérez, A, Limón-Ortega, A., C.E Ramírez Barrientos., A. Prado-García., A. García Meza., Falta el año. Ajuste en la dosis de fertilización nitrogenada para la producción de maíz y trigo en Vertisoles cultivados con prácticas de agricultura de conservación. *Memorias del XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo "Cultivando el Porvenir de México"* 2016, 586-590.

Canales J.E., A.B. Morales Díaz., M. Cabrera De la Fuente., W.A. Narvaez Ortiz., A. Benavides Mendoza. 2016. Tipo de fertilización y efecto sobre la solución del suelo y la biomasa de tomate. Saltillo Coahuila. *Memorias del XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo "Cultivando el Porvenir de México"* 2016. 606-610.

Cano G. (sin año). Manual de prácticas de la materia de edafología. Universidad Tecnológica de la Selva. Recuperado de: <http://www.utselva.edu.mx/pai/8/7/25.1.pdf>

Cuanalo, C. H. 1990. Manual para la Descripción de Perfiles de Suelos en el Campo. 3a. ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p 40.

Díaz V, T., & W. Pérez D., L. Partida R., T. Velásquez A., R. Lizárraga. 2009. Efecto sobre el maíz de la aplicación de dos técnicas de riego y tres dosis de nitrógeno en Sinaloa, México: valoración ambiental. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18 (1). 64-68

De la Rosa, D. (2005). Soil quality and monitoring based on land evaluation. *Land Degradation & Development*, 16, 551-559

De la Rosa, D., & Sobral, R. (2008). Soil quality and methods for its assessment. En: A.K. Braimoh & P.L.G. Vlek (eds.). *Land Use and Soil Resources* (pp.167-190). Dordrecht: Springer Science Musiness Media

Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. NOM-023-SEMARNAT-200 Establecer las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos

DOF. 2003. Norma Oficial Mexicana (23 de abril). NOM-023-SEMARNAT-2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis.

Enríquez del Valle, J. R., A. Estrada S., G. Rodríguez O., V. A. Velasco V., & G. V. Campos Á. 2013. Sustrato y dosis de fertirriego en la aclimatización de vitroplantas de Agave americana var. oaxacensis. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 45(2).

Estrada W., E. Lescay-batista., A. Álvarez-Fonseca., Y. C. Maceo-Ramos. 2015. Niveles de humedad en el suelo en la producción de bulbos de cebolla. *Agronomía mesoamericana*. 111-117 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. El Manejo Del Suelo En La Producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas, Paraguay. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>.

FAO. 2017. Portal de suelos. 2017. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

FAO. 2002. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. Fertilizantes y su uso 8 p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

Fernández L., L.C., N. G Rojas A., T. G Roldán C., M. E Ramírez I., H. G Ramírez I., H., R Uribe., R. J. Reyes A., D. Flores H., y J. M. Arce O. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelo aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. Recuperado de: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/509.pdf>.

Ficha técnica de proveedor. S/A Harris Moran Hurakan F1.

Ficha técnica de proveedor. S/A Milpal H-318.

Ficha técnica de proveedor. S/A UNITE GENETICS Indio II.

Flores L., J. R. Alcalá (sin año). Manual de Procedimientos Analíticos. Universidad Nacional Autónoma De México, Instituto de Geología, Departamento de Edafología. Recuperado de: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/lfs/manualLFS.pdf>.

Gallopín G. C. 2006. Los indicadores de desarrollo sostenible aspectos conceptuales y metodológicos. pp 11-13. Santiago de Chile: Fodepal. Recuperado de: [ftp.ugalca.cl/redcauquenes/cauquenes_estudio/Articulos/GALLOPIN_LOS_INDICADORES_DE_DESARROLLO_SUSTENTABLE_ASPECTOS_CONCEPTUALES_Y_METODOLÓGICOS.pdf](ftp.ugalca.cl/redcauquenes/cauquenes_estudio/Articulos/GALLOPIN_LOS_INDICADORES_DE_DESARROLLO_SUSTENTABLE_ASPECTOS_CONCEPTUALES_Y_METODOLÓGICOS.pdf).

INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal 2017. *Enciclopedia de municipios y delegaciones de México*.

Jiménez B. R. y González-Quiñones V. (2007) La Calidad De Suelos Como Medida Para Su Conservación Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica., Madrid. España.

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. y Schuman, G.E. 1997. *Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation*. *Soil Science Society of America J.* 61: 4-10.

Layne-Garsaball, J., J. Méndez-Natera., J. Mayz-Figueroa. 2008. EFECTO DE LA SALINIDAD Y DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA SOBRE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 11 (1), 17-25.

Luters, J.C., & Salazar, J.P. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.

Macías C. O., I. Ruiz García., Vázquez Villaseñor, J. R. Orozco Hernández y R. Baumbach C. 2012. Uso de lixiviado de lombriz en la producción orgánica de plantas de ornato, Guadalajara México, Memorias de Congreso nacional de ciencia y tecnología agropecuaria somecta. pp 213-216.

Mausbach M. J., W. Doran J., G. Cline R., F. Harris R., E. Schuman G. 1997. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. Revista Soil Science Society of America. Am. J. 61.pag.6. Rec. <https://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=16713>.

Medina J., F.J., J. Galdámez G., R. Pinto R., H. Gómez C., J. Carmona., M. López A., B García B., L., A. Hernández L., y F. Guevara H., 2012. Nitrógeno, Fósforo y Potencial de Hidrógeno del suelo en sistemas Silvopastoriles de *Leucaena Leucocephala*. Quehacer Científico en Chiapas, 14 enero, 32-34. Recuperado http://www.dgip.unach.mx/images/pdfREVISTAQUEHAC_ERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2012-jul-dic/nitrogeno_fosforo_potencial_hidrogeno_suelo.pdf.

Mora., J. L. 2015. Capacidad de uso del suelo en áreas agrícolas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. 74 p.

Preciado, P., M. Fortis H., J. L. García-Hernández., E. O. Rueda P., J. R. Esparza R., A. Lara H., M. A. Segura C., J. A. Orozco Vidal. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*, Septiembre, 689-693.

Prieto-Méndez, J., F. Prieto-García., O. A. Acevedo-Sandoval., M. A. Méndez-Marzo. 2013. Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):83-91. ISSN: 1021-7444.

Real Academia Española. 2014. Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.2 en línea]. <<https://dle.rae.es>> Consultado en 2017..

Rodríguez, Ma. N., G. Alcántar G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B., J. Santizó R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, abril-junio, pp 135-141.

SAGARPA. 2010. Monografías de cultivos Jitomate. México p 8.

SAGARPA. 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México

Sánchez C, F., E. Moreno-Pérez., A. Morales-Maza., A. Peña-Lomelí & M. Colinas-León. 2012. Densidad de población y volumen de sustrato en Plántulas de Jitomate (*Lycopersicum lycopersicon* Mill.). *Agrociencia*, 46(3), 255-266.

Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H., & Burger, J.A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138, 335-356

Silva C. P., H. Silva R., M. Garrido S., E. Acevedo H. 2015. Manual de estudios y ejercicios relacionados con el contenido de agua del suelo y su uso por los cultivos. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 85 p.

Valenzuela L, M., L. Partida R., T. Díaz V., T. Velázquez A., G. Bojórquez, & T. Enciso O. 2014. Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5), 807-818.

Vallejo-Quintero, V. E. 2013. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*, Enero-Junio, 83-99.

13. ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

13.1 Sitio 1

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 02/08/2017

Localidad: San Pedro, Municipio de Tarímbaro, Mich.

Identificación: Tarímbaro Iglesia

Población más próxima: San Pedro

Coordenadas: 19°47'9.49" N y 101° 8'21.71" O **Altitud:** 1844 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ondulado (surcos) **Pendiente (%)** Llano casi plano de 0 a 5

Uso del suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Maíz **Tamaño:** 2 m **Cobertura:** 80%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Sin piedras

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: Aproximadamente 70% de la superficie cubierta por herbáceas, 29% de maíz y 1% de árboles.



Profundidad: 0-25 cm, húmedo, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares medios; firmes, fuertemente desarrollados, adherente y ligeramente plástico con drenaje inundable. Raíces muy abundantes (finas a medias), porosidad escasa, presencia de fauna (lombrices).

Valores de referencia

Raíces: Raras (2 a 5 por 3 dm²), pocas (5 a 10 por 3 dm²), comunes (10 a 100 por 3 dm²), muy abundantes (100 a 500 por 3 dm²), muy abundantes (más de 500 por 3 dm²).

Bloques: Finos (0.5 cm a 1.0 cm), medios (1 cm a 2 cm), gruesos (2 cm a 5 cm).

13.2 Sitio 2

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 22/09/2017

Localidad: Uruetaro, Municipio de Tarímbaro, Mich.

Identificación: Tarímbaro Uruetaro

Población más próxima: Uruetaro

Coordenadas: 19°47'54.12" N y 101° 5'49.92" O **Altitud:** 1839 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ligeramente Ondulado (surcos)

Pendiente (%) Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Alfalfa **Tamaño:** 0.30 m **Cobertura:** 70%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Sin piedras

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: se observó una cubierta vegetal de herbáceas y alfalfa en el suelo que se encuentra inundado.



Profundidad: 0-25 cm, saturado, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares medios; firmes, fuertemente desarrollados, muy adherente y plástico con drenaje inundable. Raíces pocas, presencia abundante de fauna (lombrices).

13.3 Sitio 3

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 03/08/2017

Localidad: Téjaro, Municipio de Tarímbaro, Mich.

Identificación: Tarímbaro Canal

Población más próxima: Téjaro

Coordenadas: 19°50'31.61" N y 101° 5'26.00" O **Altitud:** 1840 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ligeramente Ondulado (surcos)

Pendiente (%) Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Alfalfa **Tamaño:** 0.30 m **Cobertura:** 70%

Desarrollo del cultivo: Abandonado

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Pocas **Tamaño:** Grandes

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: la mayor parte de la superficie es cubierta por hierbas y pastos entre el cultivo de alfalfa.



Profundidad: 0-25 cm, mojado, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares medios; firmes fuertemente desarrollados, muy adherente y plástico con drenaje inundable. Raíces muy abundantes y finas, presencia abundante de fauna (lombrices).

13.4 Sitio 4

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 25/09/2017

Localidad: Álvaro Obregón, Mich.

Identificación: Álvaro x

Población más próxima: Palo Blanco

Coordenadas: 19°51'0.10" N y 101° 2'56.99" O **Altitud:** 1840 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ligeramente Ondulado (surcos)

Pendiente (%) Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Alfalfa **Tamaño:** 0.30 m **Cobertura:** 70%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: Si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Pocas **Tamaño:** Muy grandes

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: Se observó una cubierta por pastos aproximadamente en el 100% entre la alfalfa y a los alrededores cultivaban maíz y sorgo.



Profundidad: 0-25 cm, húmedo, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares medios; firmes, fuertemente desarrollados, adherente y plástico con drenaje inundable. Raíces pocas, gruesas y finas; presencia de fauna (lombrices e insectos).

13.5 Sitio 5

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Álvaro Obregón, Mich.

Identificación: Álvaro Aeropuerto

Población más próxima: Aeropuerto

Coordenadas: 19°51'0.59" N y 101° 2'20.19" O **Altitud:** 1840 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ligeramente Ondulado (surcos)

Pendiente (%): Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Pastizal

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Medias **Tamaño:** Pequeñas- muy grandes

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: En el 100% de la superficie se observó una cobertura de herbáceas y a sus alrededores cultivo de maíz y sorgo.



Profundidad: 0-25 cm, húmedo firme, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares; medios, firmes, fuertemente desarrollados, adherente y plástico con drenaje inundable. Raíces comunes, gruesas y finas, presencia de fauna (lombrices e insectos).

13.6 Sitio 6

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Álvaro Obregón, Mich.

Identificación: Álvaro Obregón autopista

Población más próxima: Aeropuerto

Coordenadas: 19°52'5.69" N y 101° 0'22.79" O **Altitud:** 1839 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ondulado (surcos). **Pendiente (%)** Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Maíz **Tamaño:** 2.5 m **Cobertura:** 100%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: Si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Medias **Tamaño:** Pequeñas- medianas

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: Se observa abundancia de herbáceas entre el cultivo del maíz.



Profundidad: 0-25 cm, húmedo firme, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares; medios, firmes fuertemente desarrollados, adherente y plástico con drenaje inundable. Raíces comunes gruesas y finas, sin fauna.

13.7 Sitio 7

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Charo Municipio de Charo, Mich

Identificación: Charo Colina

Población más próxima: Charo

Coordenadas: 19°45'11.05" N y 101° 3'23.95" O **Altitud:** 1936 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Tierra alta **Geoforma y exposición:** Ladera de cerro

Micro relieve: Ondulado (surcos)

Pendiente (%) Fuerte de 15 a 30 y convexa

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Maíz **Tamaño:** 2.5 m **Cobertura:** 100%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Olla

Pedregosidad superficial: Medias **Tamaño:** Pequeñas- medianas

Clase de erosión: Laminar

Drenaje superficial: Sitio donador

Observaciones: Es una loma alta cubierta por herbáceas que sirven como protección y evitar la pérdida de suelo por erosión.



Profundidad: 0-25 cm, húmedo firme, color café claro, textura al tacto franca, estructura de bloques subangulares; débilmente desarrollados, ligeramente adherente y ligeramente plástico con escasos poros. Raíces comunes gruesas y finas Suelo con buen drenaje.

13.8 Sitio 8

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Prolongación de bravo, Municipio de Indaparapeo, Mich.

Identificación: Indaparapeo 8

Población más próxima: Prolongación de bravo

Coordenadas: 19°49'36.50" N y 100°57'42.20" O **Altitud:** 1841m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ondulado (surcos)

Pendiente (%) Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Maíz **Tamaño:** 2.5 m **Cobertura:** 100%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Medias **Tamaño:** Pequeñas- medianas

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: El suelo está cubierto por vegetación de herbáceas y por el cultivo de maíz y a los alrededores se observan cultivos de sorgo.



Profundidad: 0-25 cm, húmedo firme, color café oscuro, textura al tacto arcilla limosa, estructura de bloques fuertemente desarrollados, muy adherente y muy plástico con escasos poros. Raíces pocas gruesas y finas, Suelo inundable.

13.9 Sitio 9

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Indaparapeo, Municipio de Indaparapeo, Mich.

Identificación: Indaparapeo 9

Población más próxima: Indaparapeo

Coordenadas: 19°49'21.81" N y 100°56'59.62" O **Altitud:** 1842 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Valle. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ondulado (surcos). **Pendiente (%)** Llano casi plano de 0 a 5

Uso del suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: si Especie: Maíz **Tamaño:** 2.5 m **Cobertura:** 100%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: Muy pedregoso **Tamaño:** Pequeñas- medianas

Clase Erosión: Laminar

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: Es una zona con abundantes rocas similares a las de un río y con mucha arena.



Profundidad: 0-25 cm, ligeramente húmedo firme, color café rojizo claro, textura al tacto arcilla arenosa, estructura de bloques subangulares débilmente desarrollados, ligeramente adherente y plástico, porosidad común; pedregosidad abundante redondas, raíces comunes gruesas y finas. Suelo no inundable.

13.10 Sitio 10

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Charo, Municipio de Charo, Mich.

Identificación: Charo Joya

Población más próxima: Charo

Coordenadas: 19°45'37.39" N y 101° 2'38.50" O **Altitud:** 1872 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Depresión. **Geoforma y exposición:** Valle

Micro relieve: Ondulado (surcos). **Pendiente (%)** Llano casi plano de 0 a 5

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: Si **Especie:** Maíz **Tamaño:** 2.5 m **Cobertura:** 100%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Canal

Pedregosidad superficial: pocas **Tamaño:** Pequeñas- medianas

Clase de erosión: Imperceptible

Drenaje superficial: Sitio receptor

Observaciones: cobertura herbácea en el 100% del sitio.



Profundidad: 0-25 cm, ligeramente húmedo, color café claro, textura al tacto franca, estructura de bloques subangulares medios débilmente desarrollados, ligeramente adherente y plástico porosidad común; raíces comunes gruesas y finas. Suelo no inundable.

13.11 Sitio 11

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Indaparapeo, Municipio de Indaparapeo, Mich

Identificación: Indaparapeo 11

Población más próxima: Indaparapeo

Coordenadas: 19°48'13.58" N y 100°56'53.94" O **Altitud:** 1854 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Tierra alta **Geoforma y exposición:** Ladera baja

Micro relieve: Ondulado (surcos)

Pendiente (%) Fuerte de 15 a 30 regular

Uso de suelo: Agrícola

Vegetación cultivada: si **Especie:** Maíz **Tamaño:** 3 m **Cobertura:** 100%

Desarrollo del cultivo: Bueno

Riego: si **Fuente de abastecimiento:** Olla

Pedregosidad superficial: Medias **Tamaño:** Pequeñas- medianas

Clase de erosión: Laminar

Drenaje superficial: Sitio donador

Observaciones: Se trata de una loma alta con pendiente pronunciada sin pérdida de suelo gracias al recubrimiento que existe por la cobertura vegetal de las herbáceas.



Profundidad: 0-25 cm, ligeramente húmedo, color café, textura al tacto franca arcillosa, estructura de bloques subangulares medios, moderadamente desarrollados, ligeramente adherente y plástico, escasos poros; raíces comunes, gruesas y finas. Suelo no inundable.

13.12 Sitio 12

Descrito por: Constantino Saucedo León

Fecha: 28/09/2017

Localidad: Charo, Municipio de Charo, Mich.

Identificación: Charo milpa seca

Población más próxima: Charo

Coordenadas: 19°45'59.72" N y 101° 1'52.57" O **Altitud:** 1890 m

Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano

Posición fisiográfica: Tierra alta **Geoforma y exposición:** Ladera baja

Micro relieve: Ondulado (surcos) **Pendiente (%)** De 15 a 30 y regular

Uso de suelo: Agrícola.

Vegetación cultivada: Sí. **Especie:** Maíz. **Tamaño:** 1.7 m **Cobertura:** 30%

Desarrollo del cultivo: Malo

Riego: No **Fuente de abastecimiento:** NA

Pedregosidad superficial: Ligeramente pedregoso **Tamaño:** Pequeñas, medianas y grades.

Clase Erosión: Surcos **Grado:** fuerte

Superficie erosionada: 20 %

Drenaje superficial: Sitio donador

Observaciones: el 60% de la cobertura se trata de herbáceas y el cultivo de maíz se encontró en condiciones no óptimas además de la erosión presente en el sitio.



Profundidad: 0-25 cm, ligeramente húmedo, color café oscuro, textura al tacto arcillo limosa, estructura de bloques subangulares, moderadamente desarrollados, ligeramente adherente y plástico, escasos poros; raíces pocas, gruesas y finas. Suelo no inundable.

14. ANEXO II ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.

14.1 Esquemas de fertilización y las variables de respuesta.

Para comenzar el análisis estadístico se determinó si los diferentes esquemas de fertilización causaron algún efecto en las variables de respuesta. Se aplicaron pruebas de análisis de varianza a cada uno de los cultivos y en cada una de las variables de respuesta, sin encontrar ninguna diferencia significativa entre los tratamientos. Considerando lo anterior para el resto de los análisis se pueden emplear el número total de unidades experimentales ya que el fertilizante aplicado no ejerció ningún efecto.

14.2 Indicadores de calidad del suelo y los sitios de extracción del suelo.

Los resultados obtenidos del análisis de suelo, arrojaron una gran cantidad de información misma que se analizó para determinar si existe diferencia estadística entre los suelos extraídos de los diferentes municipios. En este sentido se aplicó el análisis de varianza a los sitios de extracción del suelo contrastándolos con los resultados de laboratorio de las propiedades, en el Cuadro 34 se aprecia el total de 16 sitios de muestreo y en la tabla están las diferentes propiedades o indicadores que se analizaron.

Cuadro 9 Sitios de extracción del suelo.

Sitio de extracción de suelo	Sitio de extracción de suelo
1. Tarímbaro Iglesia	2. Tarímbaro Canal
3. Tarímbaro Uruetaro	4. Tarímbaro Compuesta
5. Charo Colina	6. Charo Joya
7. Charo Milpa seca	8. Charo Compuesta
9. Indaparapeo 11	10. Indaparapeo 8
11. Indaparapeo 9	12. Indaparapeo Compuesta
13. Álvaro Obregón X	14. Álvaro Obregón Aero
15. Álvaro Obregón Autopista	16. Álvaro Obregón Compuesta

Cuadro 10 Indicadores de calidad del suelo.

Propiedades físicas y químicas

Potencial de hidrogeno (pH)	Densidad Real (DR)	Magnesio (Mg)
Conductividad eléctrica (CE)	Densidad aparente (DAP)	Potasio (K)
Materia Orgánica (MO)	Textura	Sodio (Na)
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Espacios porosos (EP)	Nitrógeno (N)
Saturación de bases (SB)	Calcio (Ca)	Fosforo (P)

Cuadro 11 Resultados de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Propiedades	pH	CE	MO	Ca	Mg	Na	K	DR	CIC	Textura			Clase textural	DAP	SB	EP	N	P
										ARCILLA	LIMO	ARENA						
Sitio /Unidades de medida	AD	dSm ⁻¹	%	ppm	ppm	ppm	ppm	g cm ⁻³	cmol _c kg ⁻¹	%	%	%	AD	g cm ⁻³	%	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Tarímbaro Iglesia	7.51	0.18	1.86	2200	930	7.01	164.72	2.50	35.23	47.56	39.00	13.44	Arcillo limoso	1.86	54.51	25.80	47.00	51.00
Tarímbaro Canal	8.43	2.42	2.98	1500	1500	21.47	900.81	2.50	46.60	70.56	8.00	21.44	Arcilloso	1.89	48.06	24.28	75.00	17.00
Tarímbaro Uruetaro	7.64	1.63	2.10	1250	1740	11.62	890.51	2.50	46.60	60.56	10.00	29.44	Arcilloso	1.74	49.69	30.23	53.00	62.00
Tarímbaro Compuesta	7.86	1.41	2.31	1650	1390	13.37	652.01	2.50	42.81	59.56	19.00	21.44	Arcilloso	1.83	51.81	26.77	58.33	43.33
Charo Colina	7.88	0.23	2.10	1750	2250	2.25	656.30	2.50	40.35	32.56	35.00	32.44	Franco arcilloso	1.52	72.64	39.40	53.00	73.00
Charo Joya	6.57	0.17	2.49	1350	1740	23.30	442.68	2.50	39.78	38.56	30.00	31.44	Franco arcilloso	1.81	56.57	27.55	62.00	99.00
Charo Milpa seca	7.91	0.24	1.38	1500	1350	20.94	705.20	2.50	43.75	44.56	21.00	34.44	Arcilloso	1.69	47.30	32.30	35.00	52.00
Charo Compuesta	7.45	0.21	1.99	1533	1780	15.50	601.39	2.50	41.29	38.56	28.67	32.77	Arcilloso	1.67	58.53	33.08	50.00	74.67
Indaparapeo 11	4.45	0.86	1.05	3000	390	3.08	164.72	2.50	32.96	36.56	22.00	41.44	Franco arcilloso	1.74	62.27	30.58	26.00	71.00
Indaparapeo 8	7.47	1.46	1.08	1900	1410	10.99	463.27	2.50	48.87	68.56	13.00	18.44	Arcilloso	1.93	46.14	22.70	27.00	76.00
Indaparapeo 9	6.29	0.54	1.02	1600	1290	31.42	545.63	2.50	30.69	36.56	8.00	55.44	Franco arcillo arenoso	1.72	66.27	31.04	26.00	86.00
Indaparapeo Compuesta	6.07	0.95	1.05	2166	1030	15.16	391.21	2.50	37.51	47.23	14.33	38.44	Arcilloso	1.80	56.36	28.11	26.33	77.67
Álvaro ARCILLAS Obregón X	7.12	0.91	1.98	1500	1950	7.85	890.51	2.50	51.14	68.56	12.00	19.44	Arcilloso	1.87	51.11	25.18	50.00	86.00
Álvaro Obregón Aeropuerto	7.51	1.64	1.83	1400	120	13.61	247.08	2.50	38.64	66.56	12.00	21.44	Arcilloso	1.90	22.42	23.86	46.00	92.00
Álvaro Obregón Autopista	6.55	0.57	1.65	1400	1080	6.28	442.68	2.50	50.00	64.56	18.00	17.44	Arcilloso	1.87	34.26	25.12	41.00	98.00
Álvaro Obregón Compuesta	7.06	1.04	1.82	1433	1050	9.25	526.76	2.50	46.59	66.56	14.00	19.44	Arcilloso	1.88	37.15	24.72	45.67	92.00

En el Cuadro 36 se presenta un resumen de los resultados de laboratorio de los indicadores de calidad de suelo.

14.2 .1 pH

A partir de los resultados de laboratorio se realizó el respectivo análisis para comprender mejor cada uno de los parámetros medidos y examinar si existen diferencias significativas entre los sitios, los municipios y las propiedades del suelo.

Primeramente, se sometió al pH a análisis, el cual arrojo los siguientes resultados.

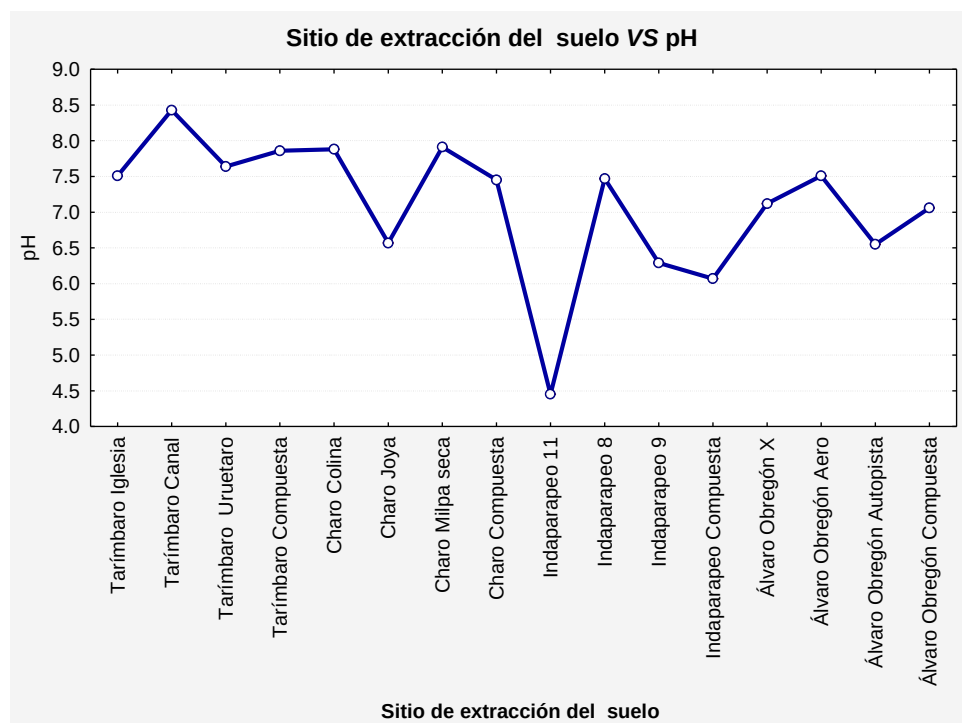


Figura 8. ANOVA del pH y los sitios de extracción del suelo

En la Figura 8 se puede observar el grafico de cada uno de los sitios y su respectivo valor de pH, a simple vista se observa una diferencia considerable entre cada sitio ya que los resultados se distribuyen entre los valores de 4.5 y el 8.5, dichos valores se sitúan en zonas extremadamente acidas y fuertemente alcalinas respectivamente.

Luego de observar el grafico de cada sitio, se procedió a agruparlos por municipios y someter estos datos a un ANOVA de una vía, para corroborar si el pH es estadísticamente diferente en cada uno de los municipios que se están estudiando.

Cuadro 12 ANOVA del pH y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	7.0579	3	2.3526	4.173	0.030672
Error	6.7657	12	0.5638		

El Cuadro 37 es un resumen derivado del análisis de varianza donde aparecen consecutivamente los siguientes parámetros, SC la suma de cuadrados de los datos, GL grados de libertad del estudio, MC que es la media de cuadrados, valor F calculado que es la prueba estadística utilizada en el ANOVA, y el estadístico p que también indica la significancia de la prueba.

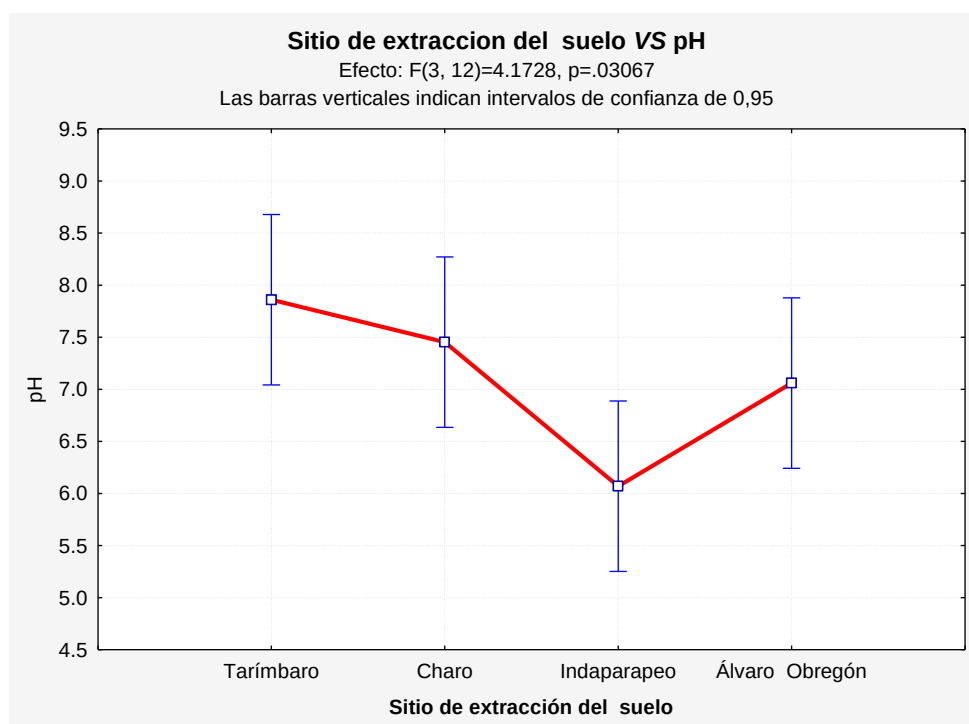


Figura 9. ANOVA del pH y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Al observar en conjunto el Cuadro 37 y la figura 9 se determinar que existe una diferencia estadística entre el pH de los municipios donde se está realizando la investigación, lo dicho se sustenta por la magnitud del estadístico p y el valor de F, ya que cuando el estadístico p es menor a 0.05 nos indica una diferencia estadística significativa y en este caso es de .030, además el valor de la F calculada es de 4.173 que si se compara con la F de tablas considerando 3 grados de libertad en el numerador y 12 grados de libertad en el denominador con

un 95% de confianza arroja un valor de 3.49, por lo tanto como la F calculada de 4.173 es mayor 3.49, lo cual que existe diferencia estadística.

Luego de establecer que los datos si son estadísticamente diferentes se procede a aplicar una prueba Tukey para poder identificar que grupo o grupos son los que nos están generando esta diferencia.

Cuadro 13 TUKEY del pH y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.868238	0.024904	0.463632
Charo	0.868238		0.092880	0.878854
Indaparapeo	0.024904	0.092880		0.292738
Álvaro Obregón	0.463632	0.878854	0.292738	

En el Cuadro 38 se muestra que la diferencia estadística la presentan únicamente entre los municipios de Tarímbaro e Indaparapeo siendo el segundo estadísticamente menor al primero.

14.2.2 Conductividad Eléctrica (CE).

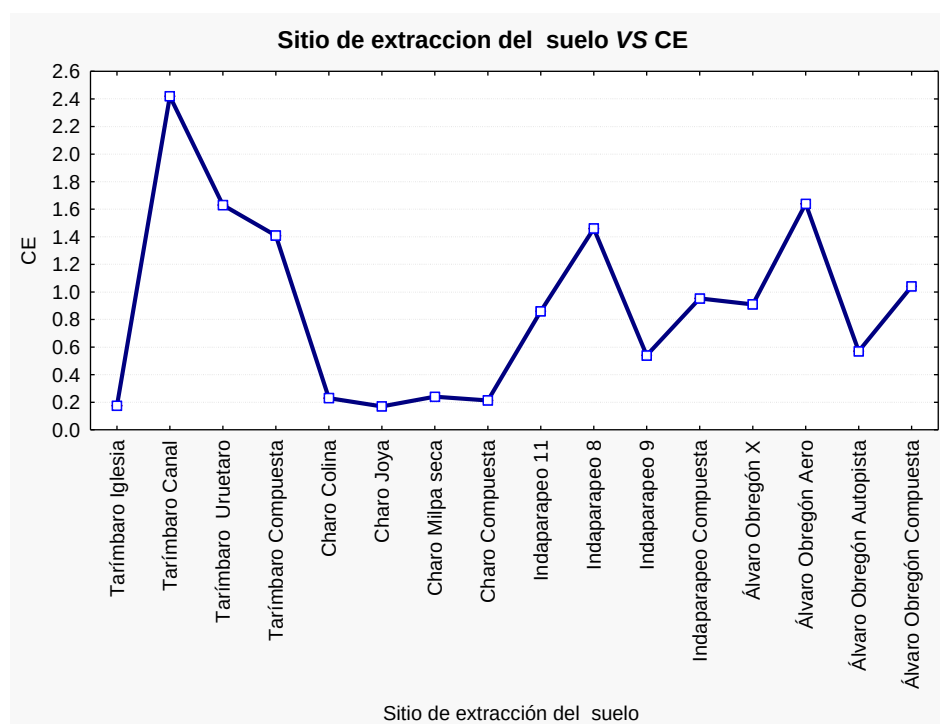


Figura 10. ANOVA de la CE y los sitios de extracción del suelo

En la figura 10 se puede observar que los valores oscilan entre 0.2 a 2.4 lo que ubica a los sitios entre suelos no salinos y ligeramente salinos. Al igual que con el resto de las propiedades se agrupo por municipio para realizar el análisis de varianza.

Cuadro 14 ANOVA de la CE y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	3.01055	3	1.00352	3.31908	0.056863
Error	3.62818	12	0.30235		

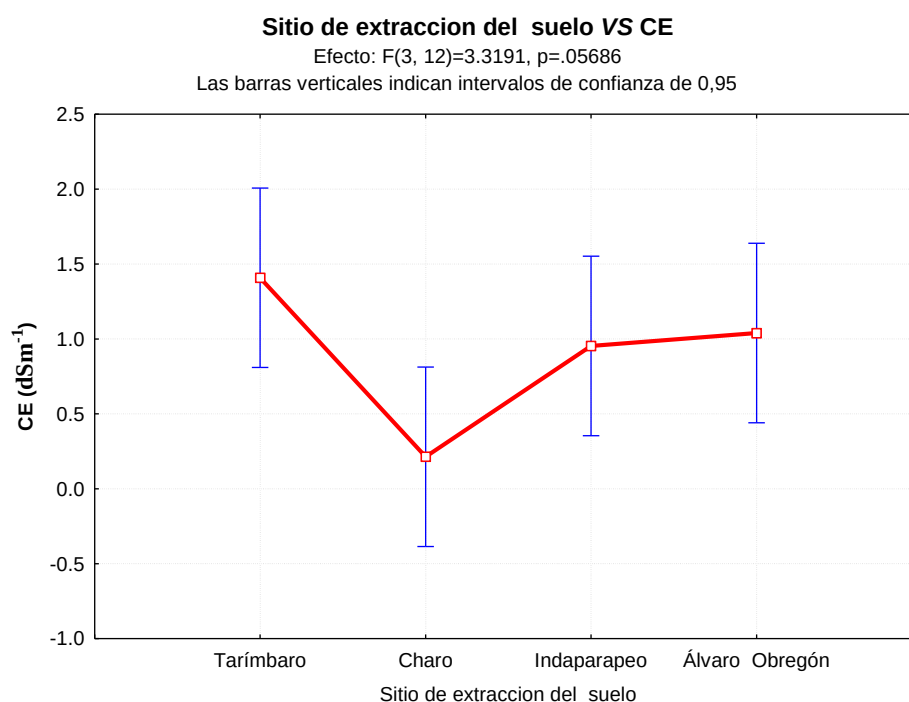


Figura 11. ANOVA de la CE y los sitios de extracción del suelo por municipio.

En el Cuadro 39 y la Figura 11 se puede observar una F calculada de 3.32 que al compararse con la F de tablas considerando 3 grados de libertad en el numerador y 12 grados de libertad en el denominador con un 95% de confianza obtenemos un valor de 3.49 y un valor p de 0.056, si bien la los valores no expresan tal cual una diferencia significativa la cercanía de estos con los valores críticos sugieren la

posibilidad de que exista algún dato con diferencia estadística importante y por ello también en este caso se aplicó la prueba Tukey.

Cuadro 15 TUKEY de la CE y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.041757	0.655275	0.780238
Charo	0.041757		0.277293	0.199883
Indaparapeo	0.655275	0.277293		0.995937
Álvaro Obregón	0.780238	0.199883	0.995937	

Una vez revisados los datos con la prueba Tukey del Cuadro 40 se observa que si existe una diferencia importante entre los municipios de Charo y quizás por ello los estadísticos F y p están tan cercanos a los valores críticos.

14.2.3 Materia Orgánica (MO).

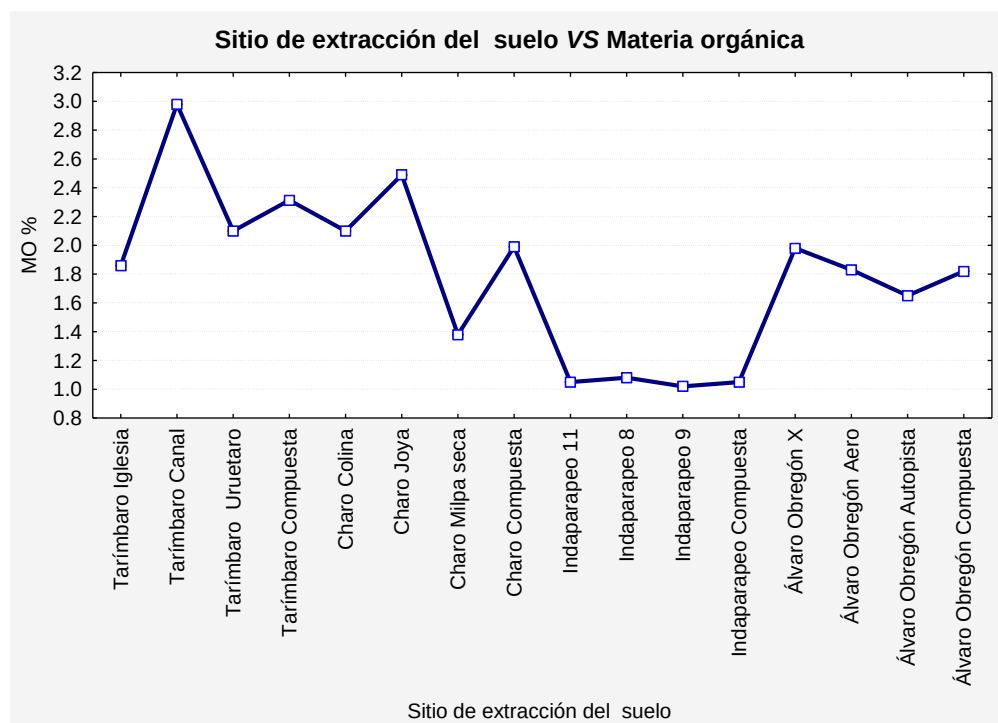


Figura 12. ANOVA de la MO y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 12 se puede observar que, en cuanto a la materia orgánica, los valores oscilan desde 1 que representa materia orgánica pobre, hasta 3 que representa materia orgánica alta, y proseguimos con el análisis de varianza.

Cuadro 16 ANOVA de la MO y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	3.44933	3	1.14978	9.9543	0.001413
Error	1.38607	12	0.11551		

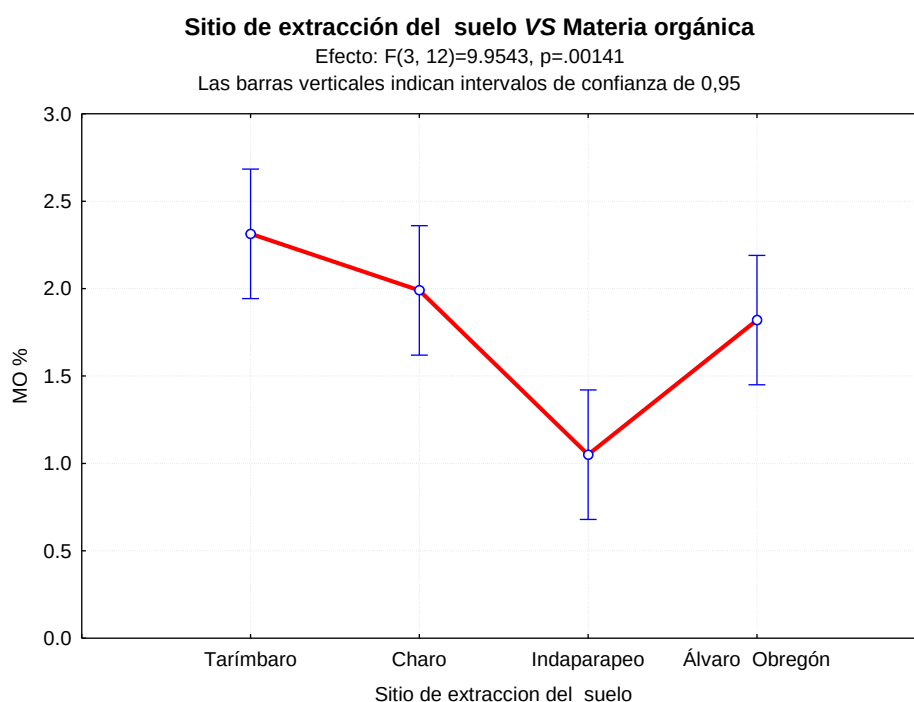


Figura 13. ANOVA de la MO y los sitios de extracción del suelo por municipio.

En el caso de la materia orgánica los valores presentes en la Figura 13 y el Cuadro 41 los valores de F y p son 9.95 y 0.0014 respectivamente, ambos son estadísticamente significativos por lo que se procede al uso de la prueba Tukey.

Cuadro 17 TUKEY de la MO y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.553876	0.001160	0.223218
Charo	0.553876		0.009760	0.892312
Indaparapeo	0.001160	0.009760		0.033331
Álvaro Obregón	0.223218	0.892312	0.033331	

El Cuadro 42 muestra claramente que Indaparapeo es estadísticamente diferente al resto de los municipios.

14.2.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

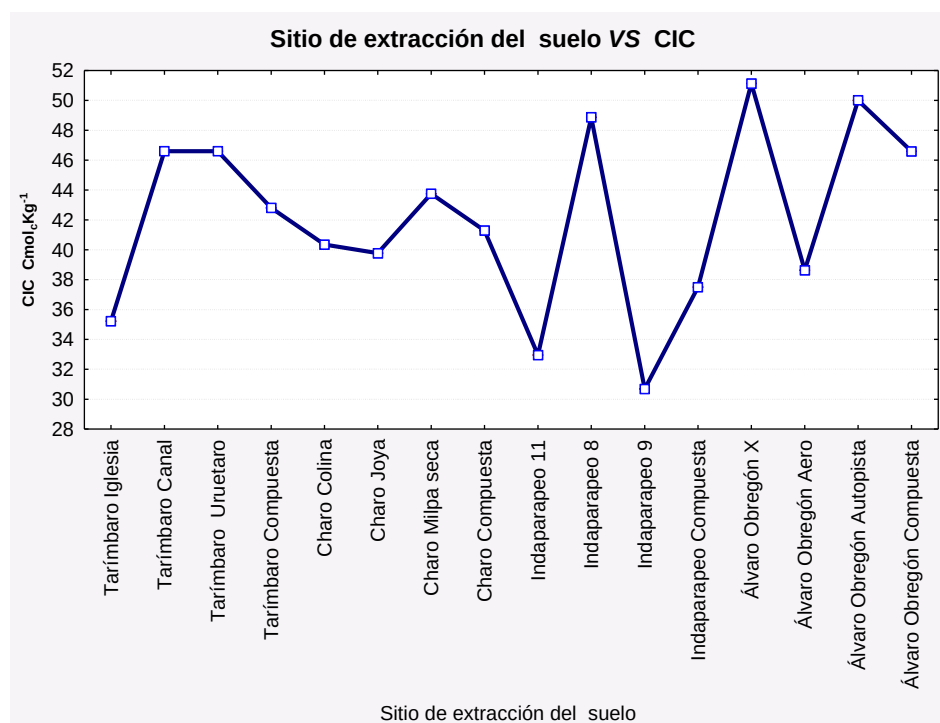


Figura 14. ANOVA de la CIC y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 14 observamos el grafico correspondiente a la capacidad de intercambio catiónico, donde se observan valores entre 31 y 52 es decir niveles altos y muy altos de CIC.

Cuadro 18 ANOVA de la CIC y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	169.74	3	56.58	1.7535	0.209423
Error	387.20	12	32.27		

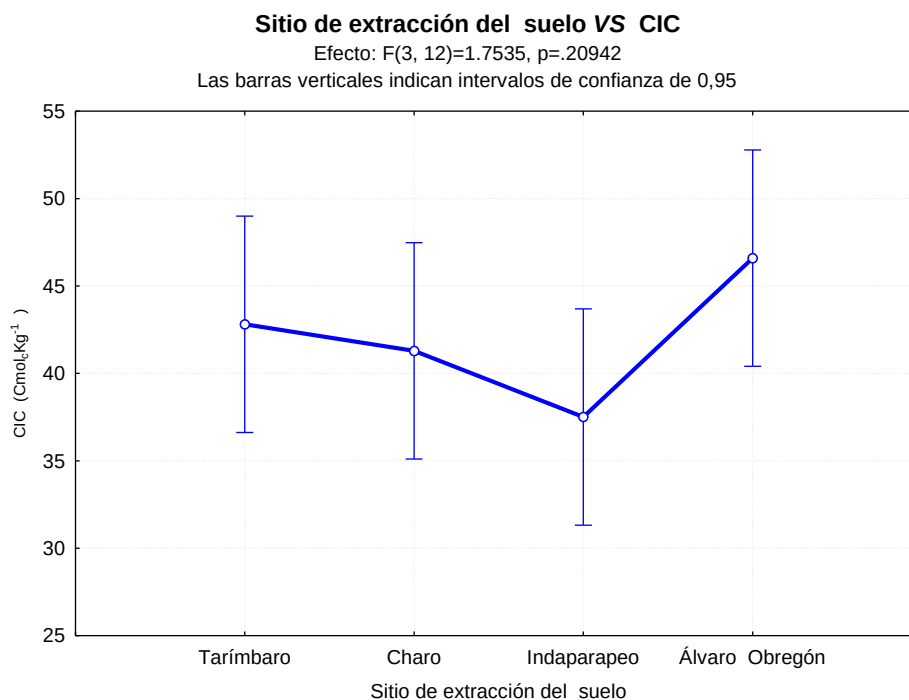


Figura 15. ANOVA de la CIC y los sitios de extracción del suelo por municipio.

En la Figura 15 y en el Cuadro 43 se observa una F calculada de 1.7535 que al compararla con la F de tablas de 3.49 nos indica que no existe diferencia estadística además el estadístico p es de 0.2094 y confirma el resultado de la prueba F, en este caso como no existe diferencia estadística no resulta necesario implementar la prueba Tukey.

14.2.5 Saturación de bases (SB).

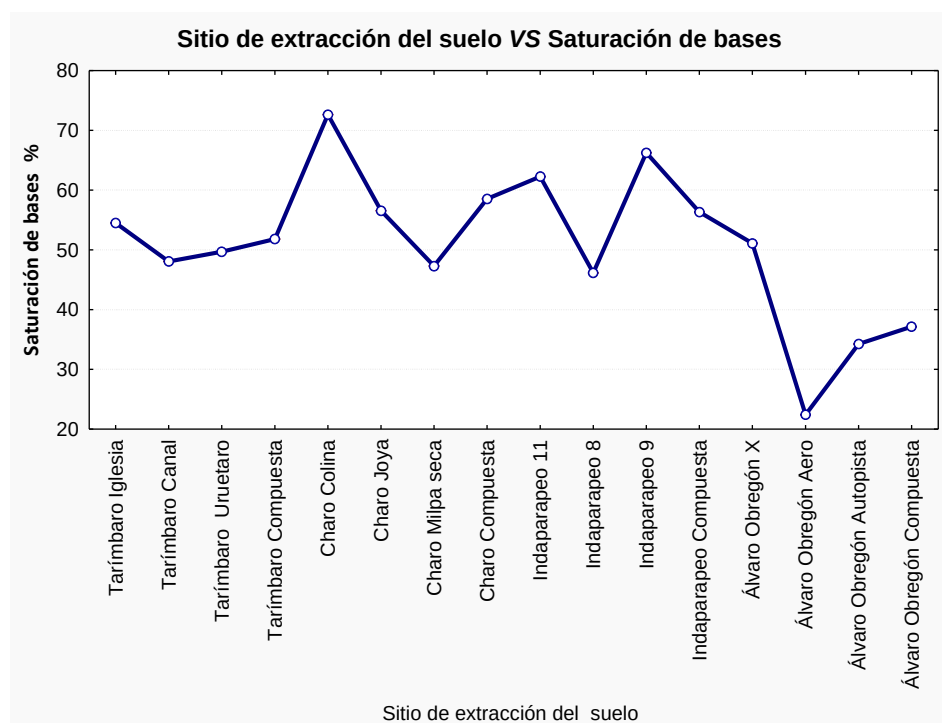


Figura 16. ANOVA de la SB y los sitios de extracción del suelo.

La Figura 16 muestra los valores que se obtuvieron para la saturación de bases mismos que oscilan entre el 72% y el 22%, es evidente que existe una diferencia entre los valores del grafico por lo cual se procede a realizar un análisis de varianza.

Cuadro 19 ANOVA de la SB y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1295.63	3	431.88	5.1889	0.015785
Error	998.77	12	83.23		

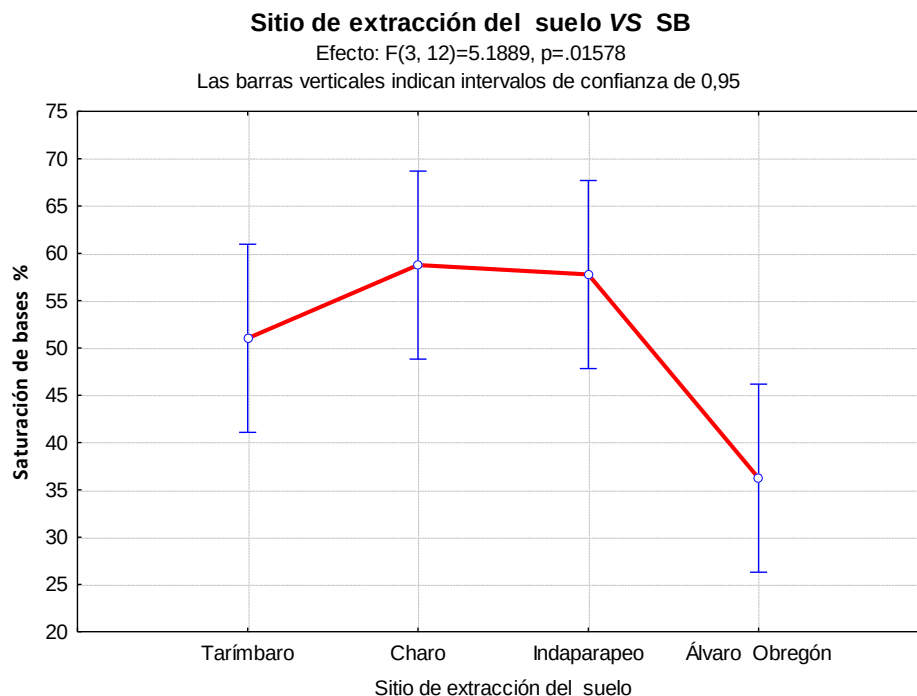


Figura 17. ANOVA de la SB y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Al analizar los datos por municipio encontramos una diferencia significativa entre ellos, dicha afirmación se respalda por los valores de p y de F que podemos observar en el Cuadro 44 y Figura 17, el primero con un valor de 0.0157 el cual es bastante menor a 0.05, y el segundo, la F calculada con un valor de 5.18, dicho valor es muy superior al de la F de tablas con 3 grados de libertad en el numerador y 12 grados de libertad en el denominador y con un 95% de confianza que es de 3.49, cabe mencionar que el valor de la F de tablas es el mismo que en los análisis anteriores ya que se está trabajando con los mismos grados de libertad y el mismo grado de significancia. Como los resultados indican que existe significancia estadística procedemos a realizar la prueba tukey para identificar los elementos que generan dicha diferencia.

Cuadro 20 TUKEY de la SB y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.638313	0.727371	0.154707
Charo	0.638313		0.998654	0.020187
Indaparapeo	0.727371	0.998654		0.026454
Álvaro Obregón	0.154707	0.020187	0.026454	

El Cuadro 45 presenta que el municipio de Álvaro Obregón es estadísticamente diferente a los municipios de Indaparapeo y Charo.

14.2.5 Densidad real (DR).

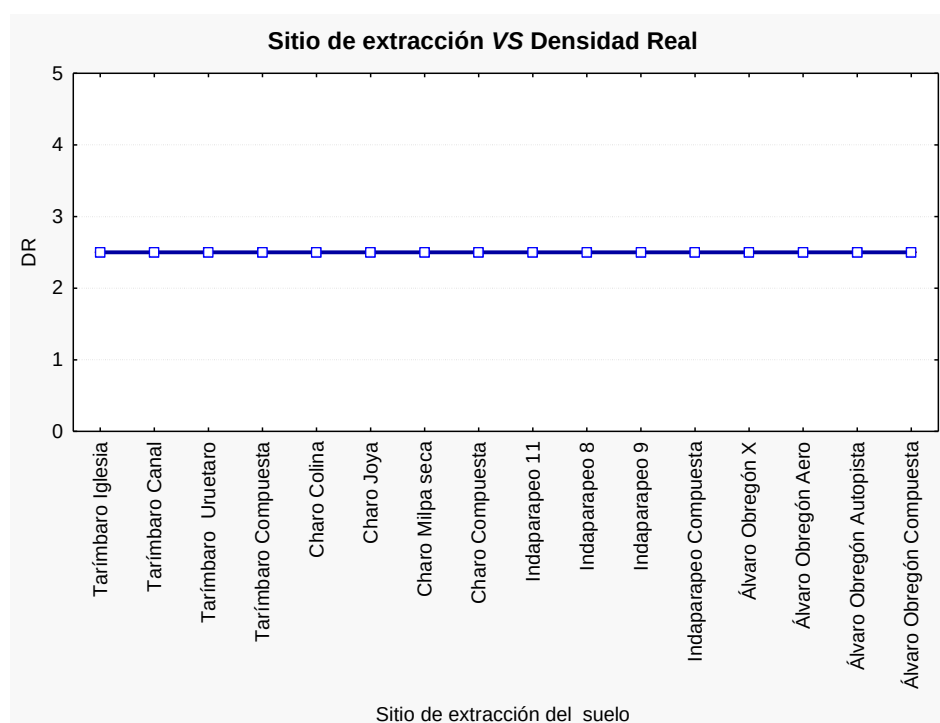


Figura 18. ANOVA de la DR y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 18 se aprecia que los valores de la densidad real fueron constantes para todos los suelos, esto seguramente por su alto contenido en arcilla, por lo tanto, en el caso de la densidad real no es necesario el resto de los análisis.

14.2.6 Densidad aparente (DAP).

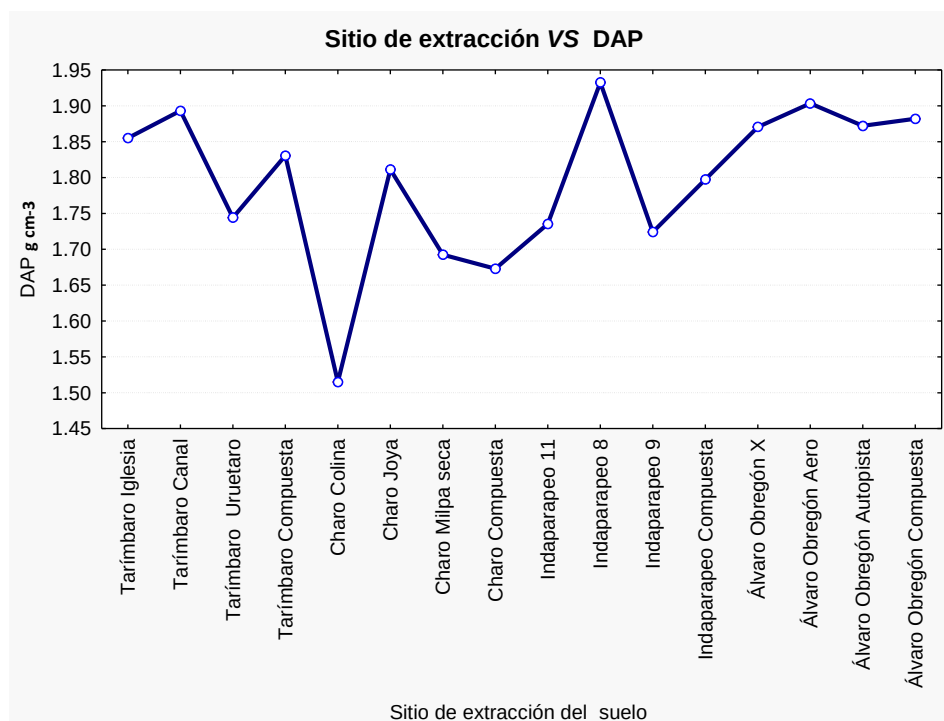


Figura 19. ANOVA de la DAP y los sitios de extracción del suelo

En la Figura 19 se muestran los valores de la densidad aparente que se midió en cada sitio, resulta evidente que existe diferencias entre cada uno de los puntos de estudio, por lo cual se procede a realizar un ANOVA y en su caso la prueba Tukey

Cuadro 21 ANOVA de la DAP y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	0.09502	3	0.03167	4.491	0.024722
Error	0.08463	12	0.00705		

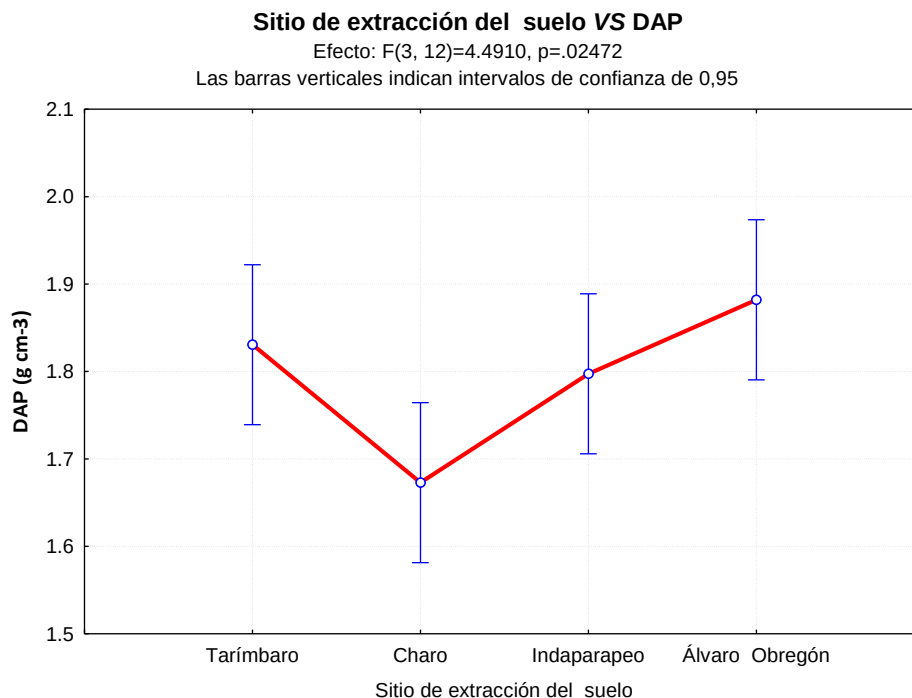


Figura 20. ANOVA de la DAP y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Cuadro 22 TUKEY de la DAP y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.085104	0.941479	0.823309
Charo	0.085104		0.209359	0.019176
Indaparapeo	0.941479	0.209359		0.508329
Álvaro Obregón	0.823309	0.019176	0.508329	

Para el caso de la densidad aparente el Cuadro 46 y la Figura 20 nos muestra que se tiene un estadístico p de 0.024, una F calculada de 4.49 superior a la F de tablas y por lo tanto existe diferencia estadística. Esta afirmación nos traslada hasta el Cuadro 47 donde es claro que la densidad aparente de Charo es estadísticamente diferente a la de Álvaro Obregón.

14.2.7 Textura

La textura de los suelos la conforman 3 distintos componentes, el porcentaje de arena, limo y arcilla, cada uno de ellos otorga ciertas características a los suelos y dependiendo del porcentaje de cada uno el suelo tiene cierto comportamiento.

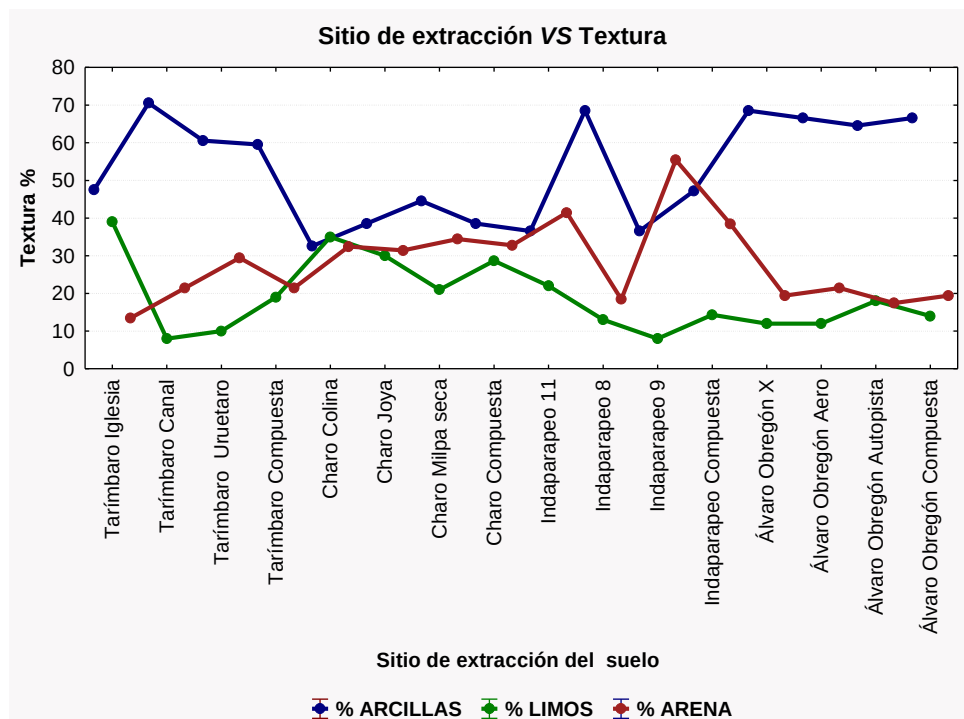


Figura 21. ANOVA de la textura y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 21 podemos ver los porcentajes de los componentes de la textura, es evidente que existe variación entre cada sitio de muestreo, pero también es fácil de identificar que la arcilla es el componente de la textura con los porcentajes más altos, ya que todos los sitios tienen más del 30 por ciento de arcilla, esto clasifica a todos los sitios como suelos arcillosos, y dado que estos componentes son complementarios entre sí, se le realizará un ANOVA únicamente al porcentaje de arcilla para determinar si existen diferencias significativas en cuanto a textura se refiere.

Cuadro 23 ANOVA de la arcilla y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1875.00	3	625.00	7.2910	0.004835
Error	1028.67	12	85.72		

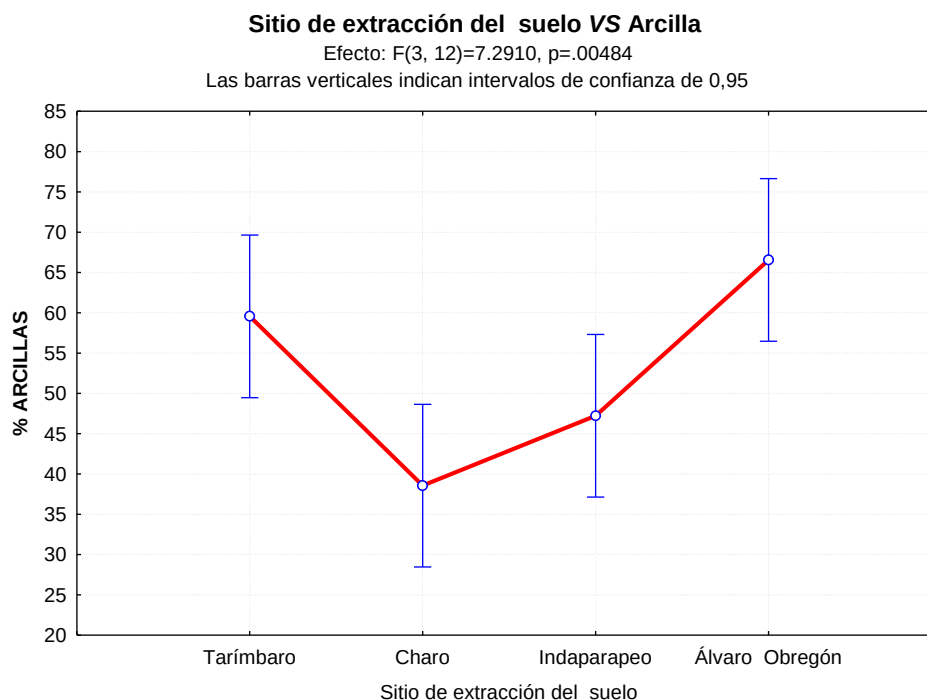


Figura 22. ANOVA de la arcilla y los sitios de extracción del suelo por municipio.

En el Cuadro 48 y la Figura 22 se observan valores de F y p que nos indican que existe una diferencia estadísticamente importante en el porcentaje de arcilla de los sustratos estudiados, por lo cual se le practicó la prueba Tukey para identificar que elementos están generando dicha diferencia.

Cuadro 24 TUKEY de la arcilla y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.033125	0.284962	0.713840
Charo	0.033125		0.566360	0.005249
Indaparapeo	0.284962	0.566360		0.051474
Álvaro Obregón	0.713840	0.005249	0.051474	

Gracias a la prueba del Cuadro 49 se observa que las diferencias importantes están dadas entre los municipios de Tarímbaro y Charo, Charo y Álvaro Obregón, así como Indaparapeo y el mismo Álvaro Obregón.

14.2.7 Espacio poroso (EP).

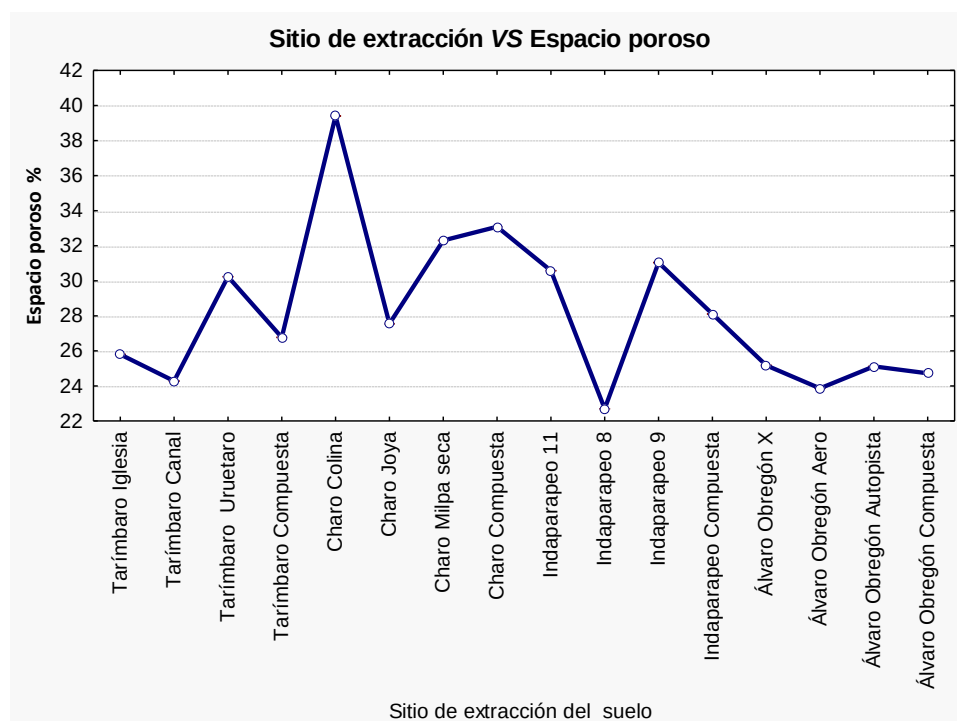


Figura 23. ANOVA del EP y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 23 se aprecian porcentajes muy diferentes que van desde 22% hasta 39% para el espacio poroso lo cual nos da pie a realizar un ANOVA y en su caso una prueba Tukey.

Cuadro 25 ANOVA del EP y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	152.03	3	50.68	4.491	0.024722
Error	135.41	12	11.28		

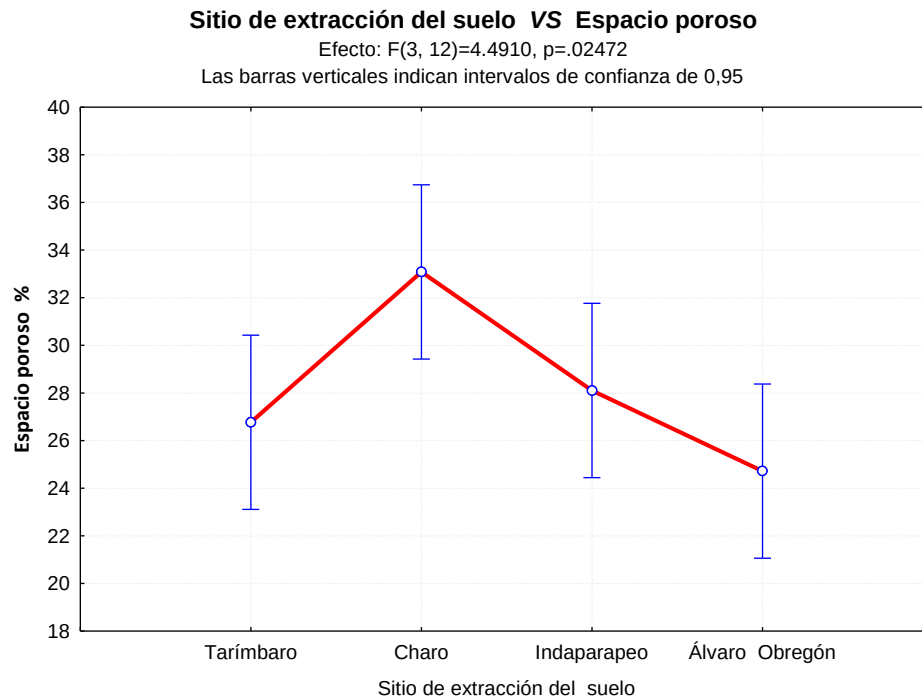


Figura 24. ANOVA del EP y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Luego de realizar el análisis de varianza de una vía se ve que los datos si son estadísticamente diferentes ya que en el Cuadro 50 y la Figura 24 obtuvimos una F calculada de 4.491 la cual es mayor a la F de tablas que recordemos es de 3.49 y un estadístico p de 0.024, ya que se determinó que existe diferencia estadística, realizamos la prueba Tukey.

Cuadro 26 TUKEY de EP y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.085104	0.941479	0.823309
Charo	0.085104		0.209359	0.019176
Indaparapeo	0.941479	0.209359		0.508329
Álvaro Obregón	0.823309	0.019176	0.508329	

En el Cuadro 51 se identifica que los municipios de Álvaro Obregón y Charo son estadísticamente diferentes en lo que se refiere al espacio poroso del suelo.

14.2.8 Cationes Ca, Mg, Na y K.

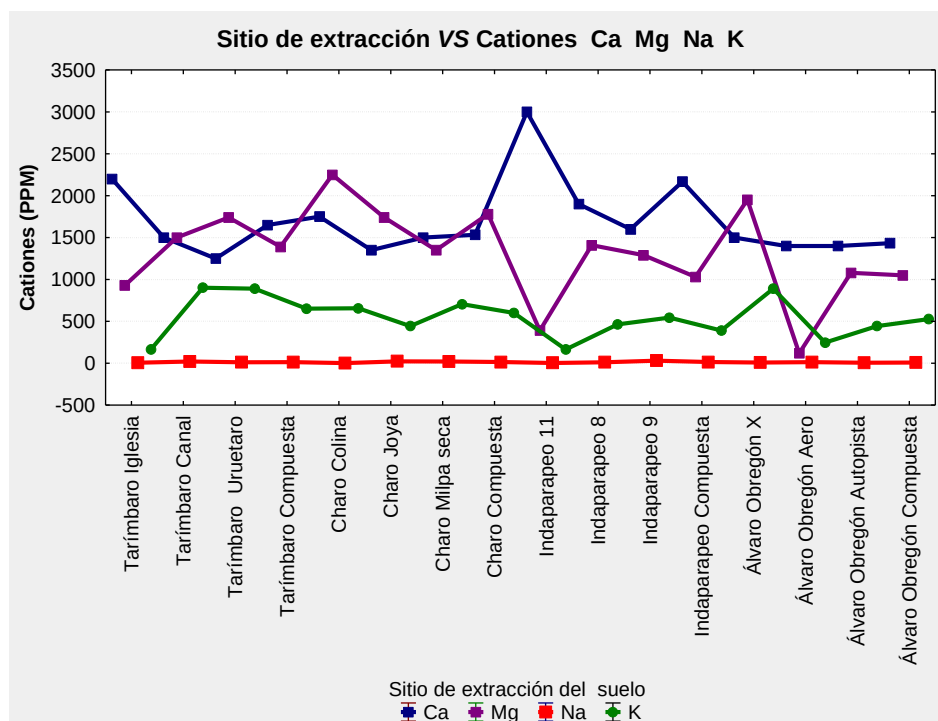


Figura 25 ANOVA de los cationes y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 25 se aprecia lo diferente que son las concentraciones de los diferentes cationes, se realizará un análisis de varianza de cada uno de para identificar aquellos con diferencias significativas.

14.2.8.1 Calcio (Ca).

Cuadro 27 ANOVA del Ca y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1276389	3	425463	3.0756	0.068577
Error	1660000	12	138333		

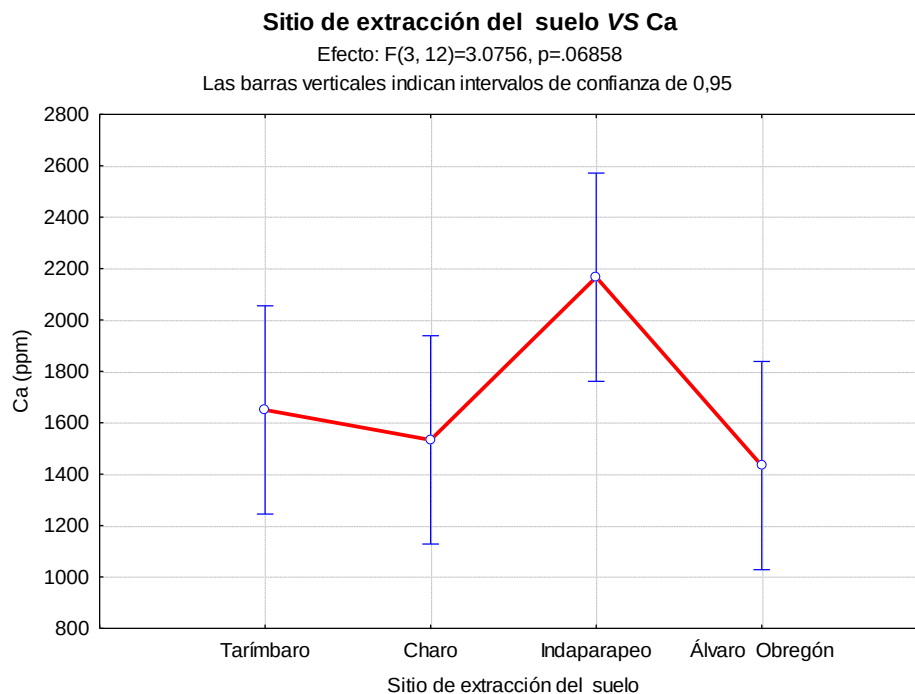


Figura 26. ANOVA del Ca y los sitios de extracción del suelo por municipio.

En el Cuadro 52 y la Figura 26 se observa que el calcio no es estadísticamente diferente pero manifiesta una diferencia importante en los municipios de estudio y se prosigue a realizar una prueba Tukey para identificar cuáles son los municipios que están provocando esta diferencia.

Cuadro 28 TUKEY del Ca y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.969687	0.254036	0.842240
Charo	0.969687		0.128405	0.980477
Indaparapeo	0.254036	0.128405		0.068221
Álvaro Obregón	0.842240	0.980477	0.068221	

El Cuadro 53 muestra que la diferencia estadística encontrada es causada por los municipios de Indaparapeo y Álvaro obregón.

14.2.8.2 Magnesio (Mg).

Cuadro 29 ANOVA del Mg y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1493100	3	497700	1.9575	0.174282
Error	3051000	12	254250		

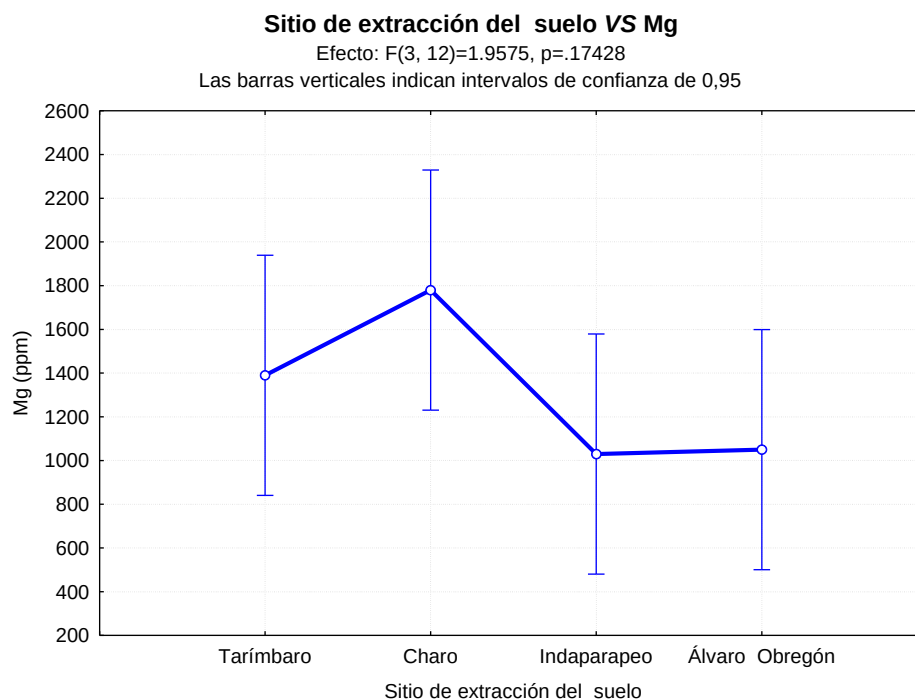


Figura 27. ANOVA del Mg y los sitios de extracción del suelo por municipio.

El análisis de varianza observado en el Cuadro 54 y el grafico de la Figura 27 indican que las concentraciones de Mg en los suelos muestreados en los diversos municipios no presentan diferencia estadística importante.

14.2.8.3 Sodio (Na).

Cuadro 30 ANOVA del Na y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	98.920	3	32.973	0.47523	0.705326
Error	832.611	12	69.384		

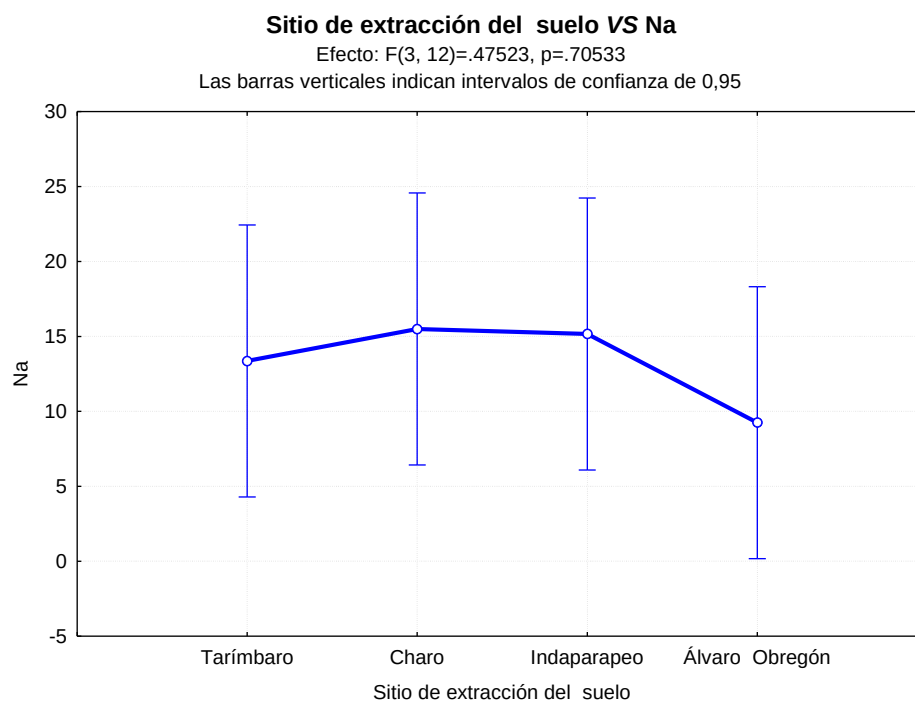


Figura 28. ANOVA del Na y los sitios de extracción del suelo por municipio.

La Figura 28 y el Cuadro 55 nos muestran que los estadísticos F y p no exhiben una diferencia estadística para la concentración del ion Na en los diferentes municipios que se están estudiando.

14.2.8.4 Potasio (K).

Cuadro 31 ANOVA del K y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	154395	3	51465	0.89097	0.473727
Error	693156	12	57763		

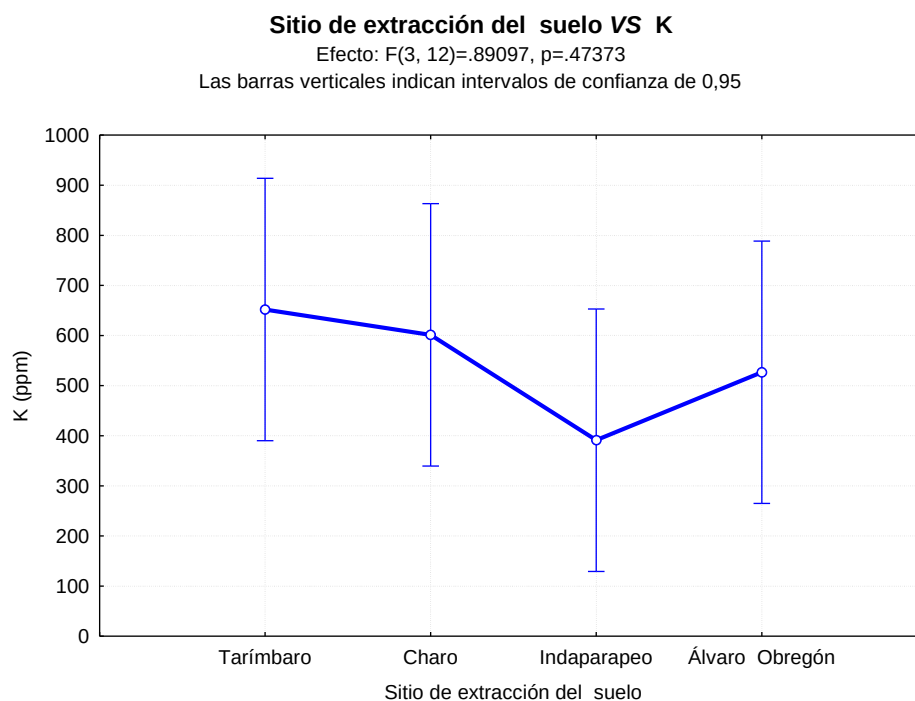


Figura 29. ANOVA del K y los Sitios de extracción del suelo por municipio.

En el caso del ion potasio se observan en Cuadro 56 y la Figura 29 no existe diferencia significativa entre los municipios muestreados.

14.2.9 Nitrógeno y Fosforo (N y P).

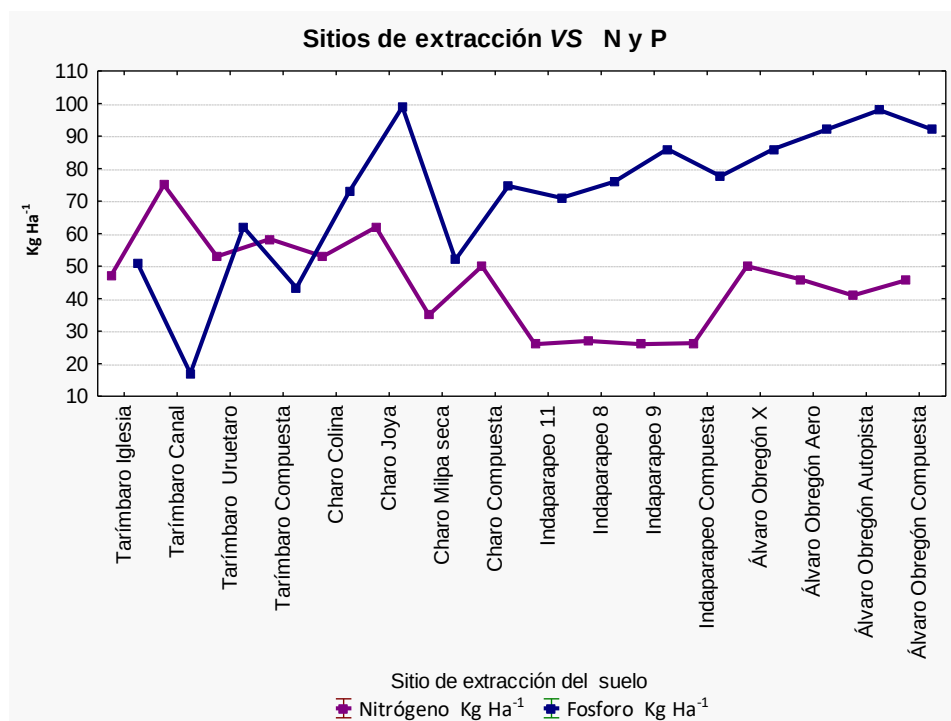


Figura 30. ANOVA del N y P con los sitios de extracción del suelo por municipio.

La Figura 30 representa la cantidad de nitrógeno y fosforo de los sitios que están siendo evaluados es evidente que existe una variación en ambo nutrientes, el siguiente paso es identificar si dicha variación es estadísticamente significativa mediante un análisis de varianza y en su caso una prueba Tukey.

14.2.9.1 Nitrógeno (N)

Cuadro 32 ANOVA del N y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	2206.56	3	735.52	10.3352	0.001207
Error	854.00	12	71.17		

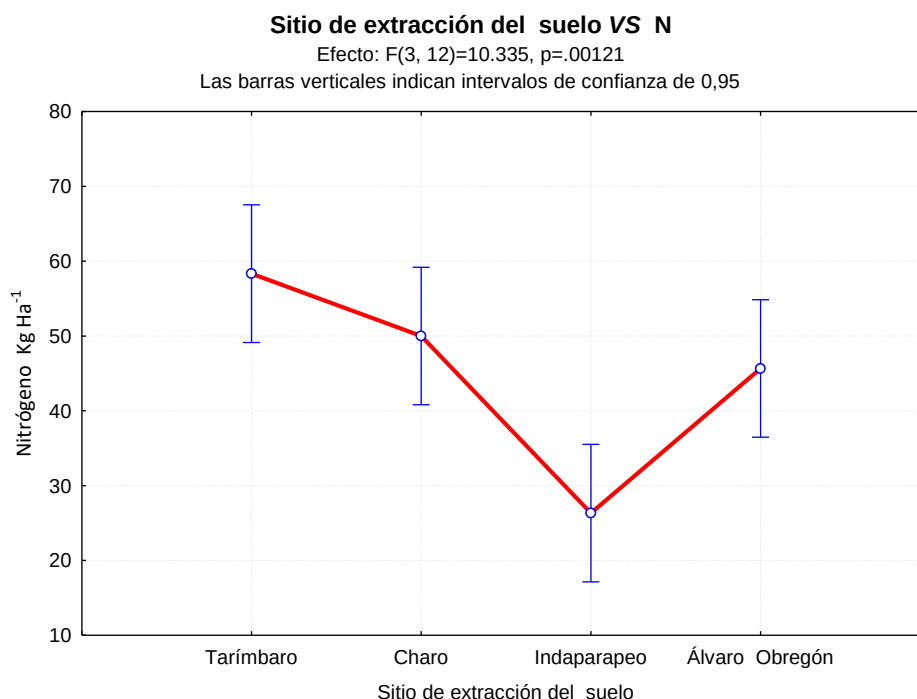


Figura 31. ANOVA del N y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Como se puede observar en el Cuadro 57, la F calculada es de 10.33 y recordando que la F de tablas con 3 grados de libertad en el numerador y 12 grados de libertad en el denominador y un 5 % de significancia es de 3.49, no cabe la menor duda de que existe una diferencia estadística importante, en la Figura 31 es claro que el municipio de Indaparapeo presenta cantidades de nitrógeno bastante menores al resto de los municipio por lo que para confirmar esto se procederá a realizar una prueba Tukey.

Cuadro 33 TUKEY del N y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.524435	0.001007	0.200704
Charo	0.524435		0.008869	0.884738
Indaparapeo	0.001007	0.008869		0.031252
Álvaro Obregón	0.200704	0.884738	0.031252	

En el Cuadro 58, se confirma que efectivamente el municipio de Indaparapeo presenta valores de nitrógeno significativamente menores.

14.2.9.2 Fosforo (P).

Cuadro 34 ANOVA del P y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	5043.89	3	1681.30	8.4135	0.002792
Error	2398.00	12	199.83		

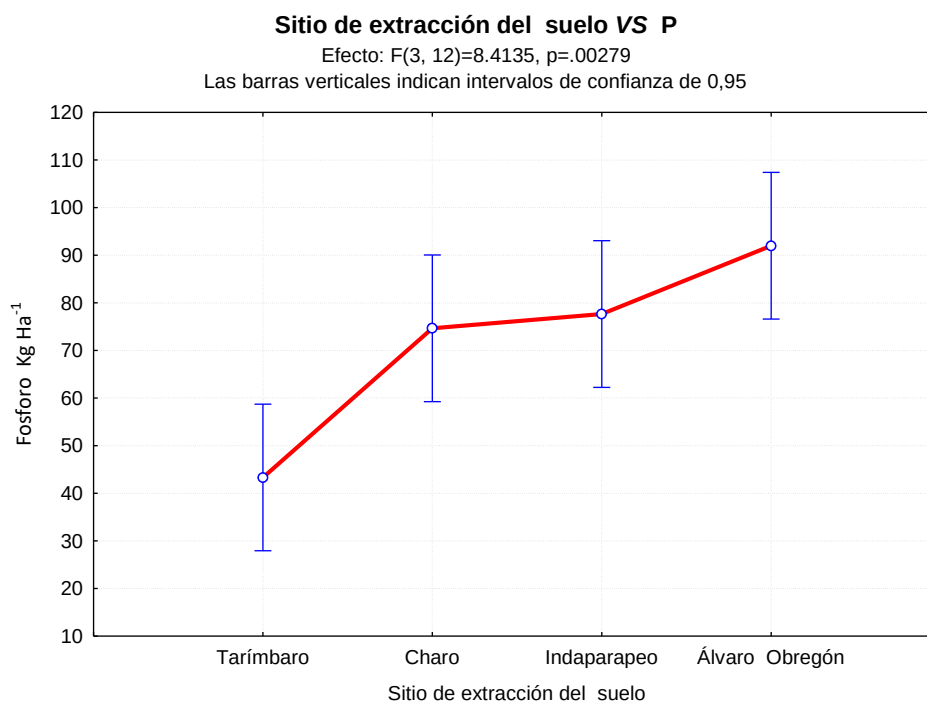


Figura 32. ANOVA del P y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Al realizar un análisis de varianza del fósforo podemos identificar que si existe una diferencia significativa, el Cuadro 59 muestra un valor de F de 8.41 que si se

contrasta con la F tablas de 3.49, es evidente que los datos son efectivamente diferentes entre sí, además el valor del estadístico p adquirió un valor de 0.0027 confirmando la prueba F. En la Figura 32 se puede ver que el municipio con menor cantidad de fosforo en sus suelos es Tarímbaro, luego Charo, seguido de Indaparapeo y el municipio con la mayor cantidad de este elemento es Álvaro obregón, como se determinó que si existe diferencia estadística, se aplica una prueba Tukey

Cuadro 35 TUKEY del P y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.037615	0.022292	0.002035
Charo	0.037615		0.990193	0.349435
Indaparapeo	0.022292	0.990193		0.503659
Álvaro Obregón	0.002035	0.349435	0.503659	

En el Cuadro 60 se identifica que el municipio de Tarímbaro es estadísticamente menor al resto de los municipios en cuanto a cantidad de fosforo se refiere.

14.3 Variables de respuesta y los sitios de extracción de suelo.

En la segunda parte del análisis estadístico se evaluó el desempeño de las variables de respuesta de cada cultivo, en cada sitio de muestreo, en el Cuadro 61 se pueden observar las variables medidas a cada cultivo y en el Cuadro 62 se recuerdan los sitios de estudio.

Cuadro 36 Variables de respuesta de los cultivos.

Calabacita	Jitomate	Maíz
Altura de planta	Altura de la planta	Altura de la planta
Numero de hojas	Numero de racimos	Grosor de tallo
Peso de frutos	Peso de los frutos	Peso del elote CH
Clorofila	Clorofila	Peso del elote SH
Grados brix	Grosor de tallo	Clorofila

Cuadro 37 Sitios de extracción del suelo.

Sitio de extracción de suelo	Sitio de extracción de suelo
1. Tarímbaro Iglesia	2. Tarímbaro Canal
3. Tarímbaro Uruetaro	4. Tarímbaro Compuesta
5. Charo Colina	6. Charo Joya
7. Charo Milpa seca	8. Charo Compuesta
9. Indaparapeo 11	10. Indaparapeo 8
11. Indaparapeo 9	12. Indaparapeo Compuesta
13. Álvaro Obregón X	14. Álvaro Obregón Aero
15. Álvaro Obregón Autopista	16. Álvaro Obregón Compuesta

14.3.1 Variables de respuesta de la calabacita y los sitios de extracción.

Cuadro 38 Variables de respuesta de la calabacita.

Variables de respuesta	
Altura de planta	Peso de frutos
Numero de hojas	Clorofila
Grosor de tallo	Grados brix

El Cuadro 63 muestra de forma aislada las variables de respuesta que se midieron en el cultivo de calabacita, estas variables se compararan con los sitios de

muestreo, ya que evaluar los resultados arrojados por los sustratos extraídos de dichos puntos es de suma importancia para los fines de la investigación, el cultivo de la calabacita logro desarrollarse de forma adecuada en cada uno de los sustratos utilizados, con excepción del que se recolecto del sitio denominado Charo milpa seca, en el suelo de este sitio murieron en las primeras 2 semana el total de las plantas de calabacita, por esta razón solo aparecerán 15 sitios en el presente análisis estadístico.

14.3.1.1 Altura

En el caso de la altura se decidió evaluar 2 medidas, una desde la parte más baja de la planta hasta la hoja más alta estirada completamente a la cual se le denomino “altura a hoja” y la otra de igual manera desde la parte más baja de la planta hasta el cogollo de esta, a la que se le llamo “altura a cogollo”.

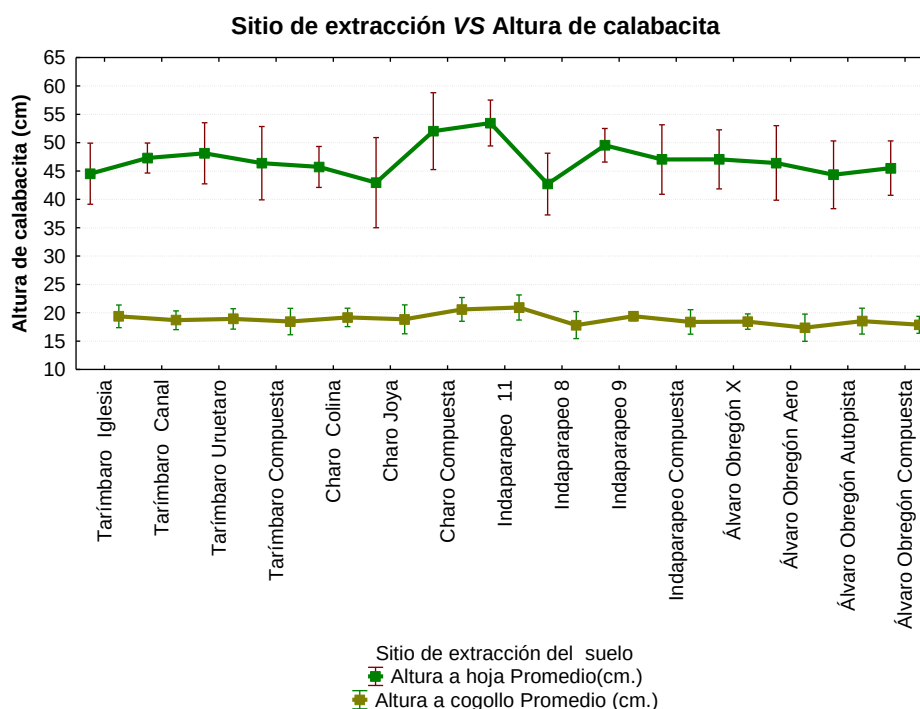


Figura 33. ANOVA de la altura de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 33 se puede observar el grafico de las 2 alturas que se midieron para el cultivo de la calabacita en todos los puntos de extracción. En general se

observa que los gráficos se mantienen relativamente estables, de hecho, se realizó el anova para cada una de las alturas evaluadas sin encontrar diferencias importantes, por lo cual ahora se procede a analizarlos por municipio.

Para el análisis de varianza por municipios se tomaron las alturas por separado y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 39 ANOVA de la altura a hoja de la calabacita y los sitios de extracción del suelo por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	103.7	3	34.6	0.634	0.594196
Error	7139.7	131	54.5		

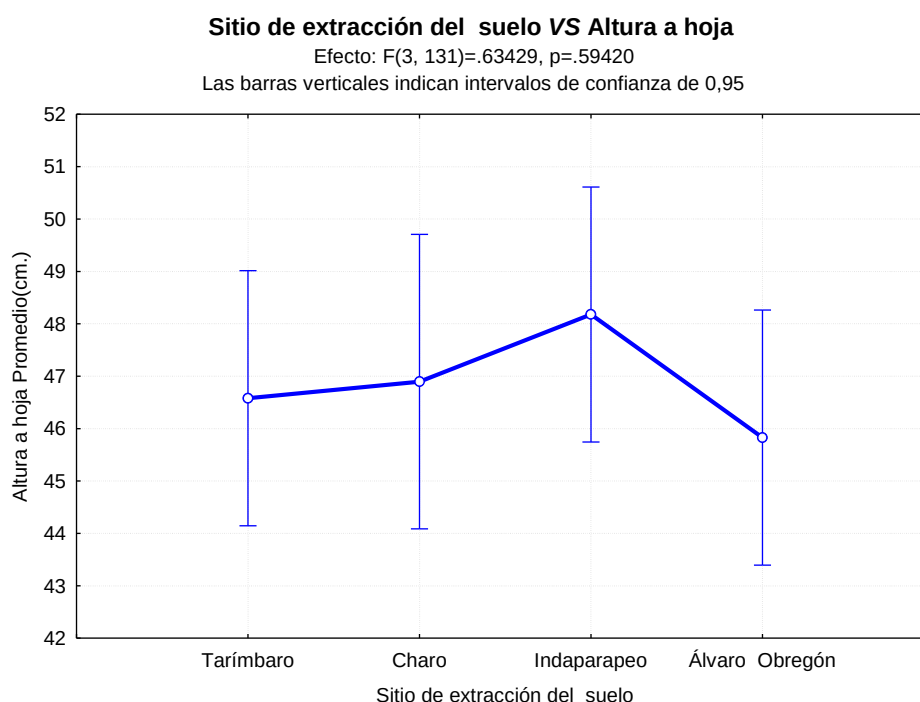


Figura 34. ANOVA de la altura a hoja de la calabacita y los sitios de extracción del suelo por municipio.

El Cuadro 64 muestra que el estadístico p tiene un valor de 0.5941 mismo que es bastante superior al valor crítico de 0.05, adicionalmente se observar un valor F calculado de 0.634 que si se compara con el F de tablas con 3 grados de libertad en el numerador y 131 grados de libertad y el cinco por ciento de

significancia se obtiene una F de 2.60 y como 0.634 el F calculado es menor al F de tablas se corrobora que no existe diferencia estadística para la altura a la hoja.

En el caso de la otra medida de altura que se tomó tampoco existe diferencia estadística entre los municipios.

- **Indaparapeo**

Además de evaluar por municipio también se realizó el análisis de varianza al interior de cada uno de ellos, evaluando los cuatro puntos que se extrajeron de cada municipio y encontrando una diferencia importante al interior de Indaparapeo, esto se ilustra en el análisis siguiente.

Cuadro 40 ANOVA de la altura a hoja de la calabacita en Indaparapeo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	548.80	3	182.93	4.688	0.007983
Error	1248.72	32	39.02		

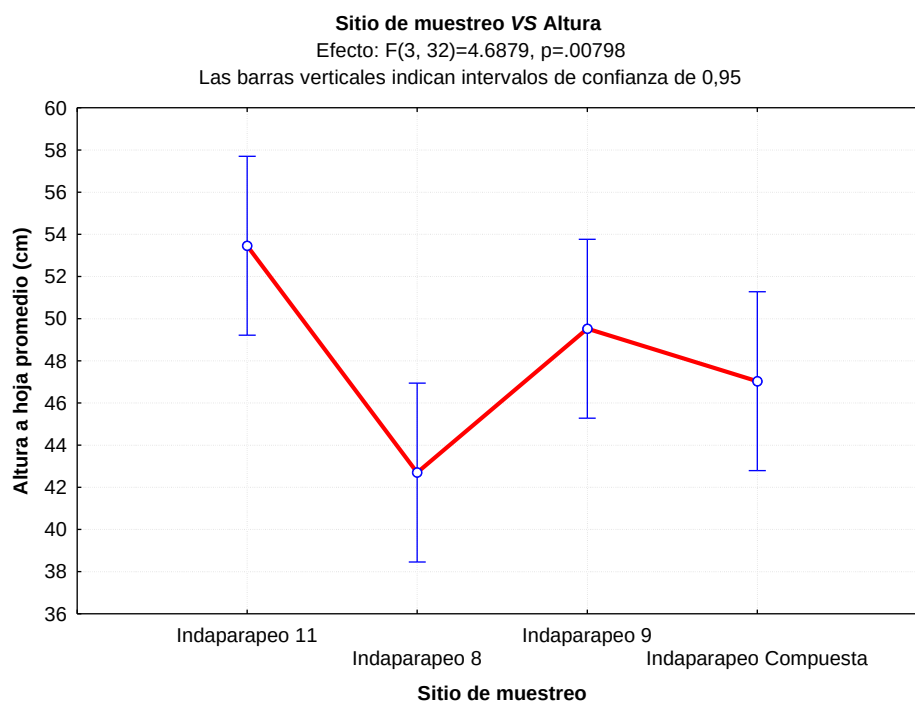


Figura 35. Gráfico ANOVA de la altura a hoja de la calabacita y los sitios de extracción de Indaparapeo

En el gráfico de la Figura 35 se puede ver que el punto de muestreo de Indaparapeo 11 obtuvo la altura a hoja más elevada seguida de Indaparapeo 9, la mezcla compuesta y finalmente Indaparapeo 8 con la menor altura registrada. En el Cuadro 65 y se identifica que existe diferencia estadística entre los sitios de extracción ya que se encontró un valor de p de 0.007983 que obviamente es muy inferior al valor crítico de 0.05, también se obtuvo una F calculada de 4.688 que al compararla con la F de tablas con 3 grados de libertad en el numerador y 32 grados de libertad en el denominador y 95% de confianza nos da un valor de 3.295 el cual, es menor al valor calculado confirmando que existe diferencia estadística y por lo tanto se requiere de una prueba Tukey.

Cuadro 41 TUKEY de la altura a hoja de la calabacita en Indaparapeo.

Sitio de muestreo	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo Compuesta
Indaparapeo 11		0.004954	0.547774	0.150400
Indaparapeo 8	0.004954		0.115448	0.465997
Indaparapeo 9	0.547774	0.115448		0.832557
Indaparapeo Compuesta	0.150400	0.465997	0.832557	

La prueba Tukey plasmada en el Cuadro 66 muestra que la diferencia estadística está dada entre los sitios de Indaparapeo 11 e Indaparapeo 8.

Al igual que en el caso de la altura de la calabacita en lo sucesivo únicamente se mostrara el grafico inicial y el análisis municipal de cada parámetro y solo en el caso de que exista diferencia estadística se desglosaran cada uno de los gráficos y tablas que correspondan.

14.3.1.2 Peso de los frutos.

Cuadro 42 ANOVA del peso de los frutos de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1497990	14	106999	1.1497	0.323004
Error	11167711	120	93064		

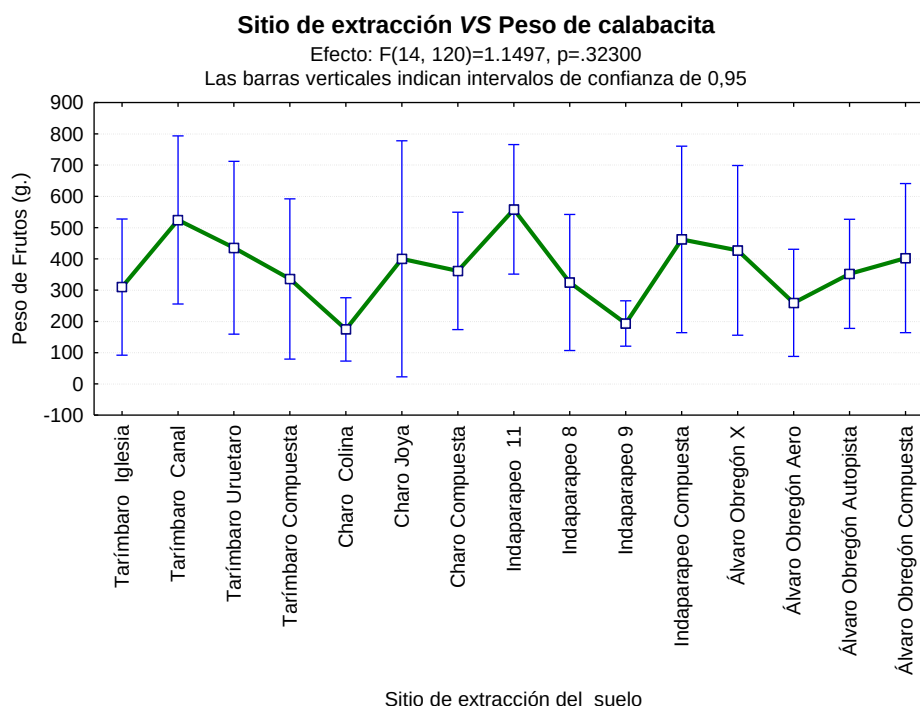


Figura 36. ANOVA del peso de los frutos de la calabacita y los sitios de extracción del suelo

En el Cuadro 67 y la Figura 36 se presentan los resultados del ANOVA referente al peso de los frutos de calabacita. Se obtuvo que el estadístico p es de 0.323, dicho valor es superior a 0.05 lo cual indica que no existe diferencia estadística importante. El valor F calculado es de 1.1497, si se compara con el valor F de tablas con 14 grados de libertad en numerador, 120 grados de libertad en denominador y un alfa de 0.05 corresponde a un valor de 1.775, y por tanto el F de tablas es superior al F calculado por lo cual se confirma que no existe

diferencia estadística, al analizar todos los datos a la vez, ahora procederemos a realizar un análisis por municipio.

Cuadro 43 ANOVA del Peso de los frutos de la Calabacita por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	136825	3	45608	0.4769	0.698920
Error	12528875	131	95640		

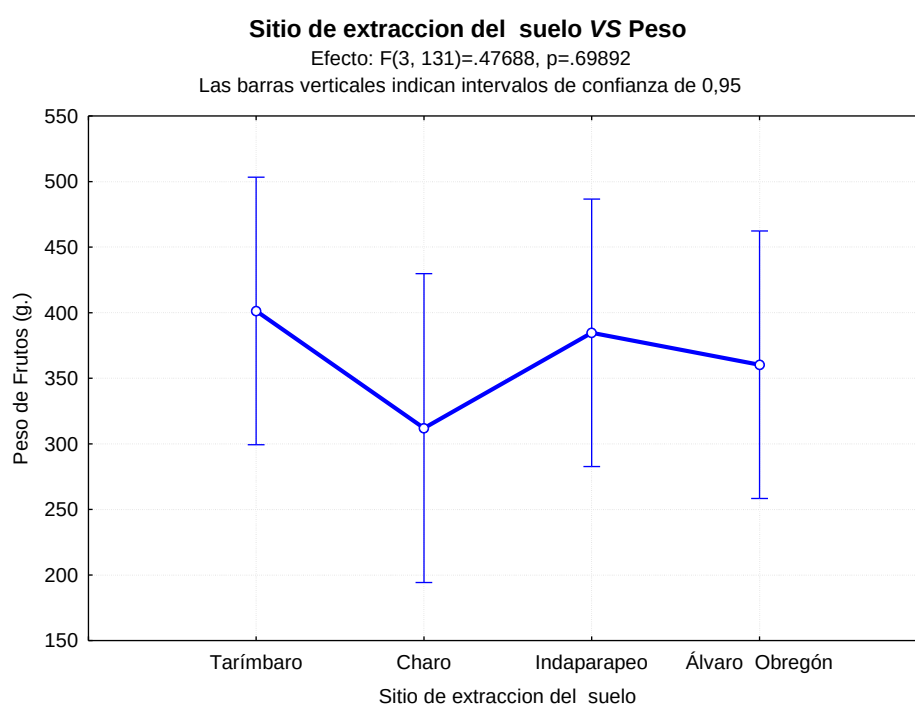


Figura 37. ANOVA del peso de los frutos de la calabacita y los sitios de extracción del suelo por municipio.

En el Cuadro 68 y en el gráfico de la Figura 37, se puede ver que a nivel municipios sigue sin existir diferencia importante, sin embargo al analizar a nivel municipal si se detectaron diferencias en el municipio de Indaparapeo, por lo cual se presenta el respectivo análisis de varianza.

- Indaparapeo

Cuadro 44 ANOVA del peso de los frutos de la calabacita en Indaparapeo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	688697	3	229566	2.94115	0.047900
Error	2497699	32	78053		

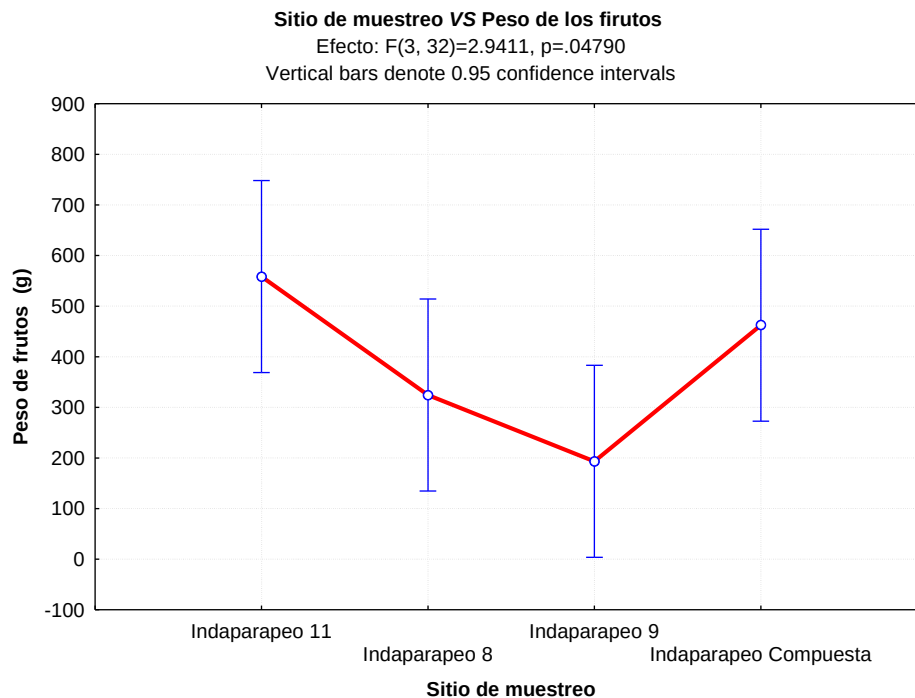


Figura 38. ANOVA del peso de los frutos de la calabacita en Indaparapeo.

Cuadro 45 TUKEY del peso de los frutos de la calabacita en Indaparapeo.

Sitio de muestreo	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo Compuesta
Indaparapeo 11		0.302495	0.043361	0.884504
Indaparapeo 8	0.302495		0.753072	0.723030
Indaparapeo 9	0.043361	0.753072		0.193830
Indaparapeo Compuesta	0.884504	0.723030	0.193830	

En el Cuadro 69 y el grafico de la Figura 38 se detectó un valor p de 0.047 el cual indica que, si existe una diferencia significativa, en este sentido, es evidente que el sustrato con mejor desempeño fue el de Indaparapeo 11 seguido de la mezcla

compuesta, luego Indaparapeo 8 y el de menor rendimiento fue Indaparapeo 9, al identificar que si existe una diferencia significativa se generó el Cuadro 70 donde se muestra el análisis Tukey y nos muestra que el sitio denominado Indaparapeo 9 es estadísticamente menor a Indaparapeo 11.

14.3.1.3 Número de hojas.

Al igual que con todos los parámetros se realizó un análisis de varianza para a el número de hojas, dicho análisis podemos identificarlo en el Cuadro 71 donde identificamos un p de 0.079 el cual indica que no existe diferencia estadística sin embargo por la cercanía con el valor critico se realiza una prueba Tukey para ver si existe alguna diferencia estadística.

Cuadro 46 ANOVA del número de hojas de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	71.56	14	5.11	1.635	0.079136
Error	375.10	120	3.13		

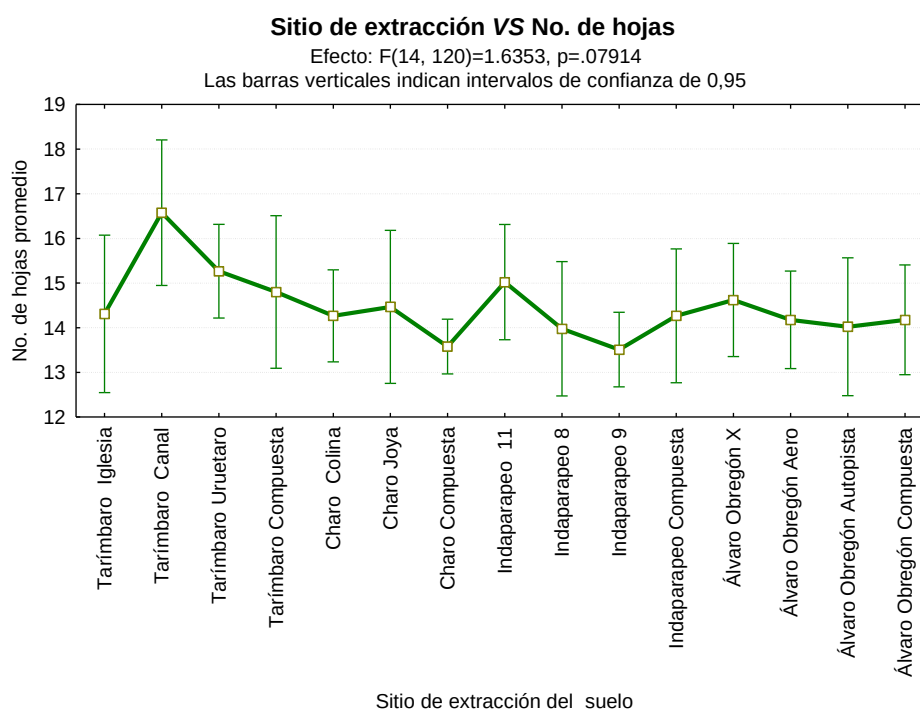


Figura 39. Grafico ANOVA del número de hojas de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Cuadro 47 TUKEY del número de hojas de la calabacita y los Sitios de extracción del suelo.

Sitio de extracción del suelo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}
	14.311	16.578	15.267	14.800	14.267	14.467	13.578	15.022	13.978	13.511	14.267	14.622	14.178	14.022	14.178
Tarímbaro Iglesia		0.306373	0.998090	0.999999	1.000000	1.000000	0.999906	0.999935	1.000000	0.999739	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Tarímbaro Canal	0.306373		0.961274	0.710317	0.276103	0.425774	0.033372	0.864720	0.126797	0.026044	0.276103	0.558903	0.221381	0.144482	0.221381
Tarímbaro Uruetaro	0.998090	0.961274		1.000000	0.996889	0.999739	0.778647	1.000000	0.966355	0.728060	0.996889	0.999980	0.992673	0.975009	0.992673
Tarímbaro Compuesta	0.999999	0.710317	1.000000		0.999998	1.000000	0.978631	1.000000	0.999644	0.966355	0.999998	1.000000	0.999987	0.999812	0.999987
Charo Colina	1.000000	0.276103	0.996889	0.999998		1.000000	0.999955	0.999866	1.000000	0.999866	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Charo Joya	1.000000	0.425774	0.999739	1.000000	1.000000		0.999128	0.999997	0.999999	0.998090	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Charo Compuesta	0.999906	0.033372	0.778647	0.978631	0.999955	0.999128		0.918426	1.000000	1.000000	0.999955	0.995155	0.999992	1.000000	0.999992
Indaparapeo 11	0.999935	0.864720	1.000000	1.000000	0.999866	0.999997	0.918426		0.995155	0.888239	0.999866	1.000000	0.999519	0.996889	0.999519
Indaparapeo 8	1.000000	0.126797	0.966355	0.999644	1.000000	0.999999	1.000000	0.995155		1.000000	1.000000	0.999980	1.000000	1.000000	1.000000
Indaparapeo 9	0.999739	0.026044	0.728060	0.966355	0.999866	0.998090	1.000000	0.888239	1.000000		0.999866	0.991087	0.999970	0.999999	0.999970
Indaparapeo Compuesta	1.000000	0.276103	0.996889	0.999998	1.000000	1.000000	0.999955	0.999866	1.000000	0.999866		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Álvaro Obregón X	1.000000	0.558903	0.999980	1.000000	1.000000	1.000000	0.995155	1.000000	0.999980	0.991087	1.000000		1.000000	0.999992	1.000000
Álvaro Obregón Aero	1.000000	0.221381	0.992673	0.999987	1.000000	1.000000	0.999992	0.999519	1.000000	0.999970	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000
Álvaro Obregón Autopista	1.000000	0.144482	0.975009	0.999812	1.000000	1.000000	1.000000	0.996889	1.000000	0.999999	1.000000	0.999992	1.000000		1.000000
Álvaro Obregón Compuesta	1.000000	0.221381	0.992673	0.999987	1.000000	1.000000	0.999992	0.999519	1.000000	0.999970	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	

Luego del análisis Tukey que se plasma en el Cuadro 72 es posible identificar que los puntos de Indaparapeo 9 y el de Charo compuesta son estadísticamente diferentes al punto identificado como Tarímbaro canal es fácil observarlo ya que se encuentran remarcados en rojo los puntos con valores p menores a 0.05 , si se contempla el grafico de la Figura 39 se ve claramente que Tarímbaro canal es el punto que arrojo mayor cantidad de hojas mientras que los otros dos son los que menos hojas registraron.

- **Numero de hojas por municipio**

Cuadro 48 ANOVA del número de hojas de la calabacita por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	29.38	3	9.79	3.075	0.030000
Error	417.28	131	3.19		

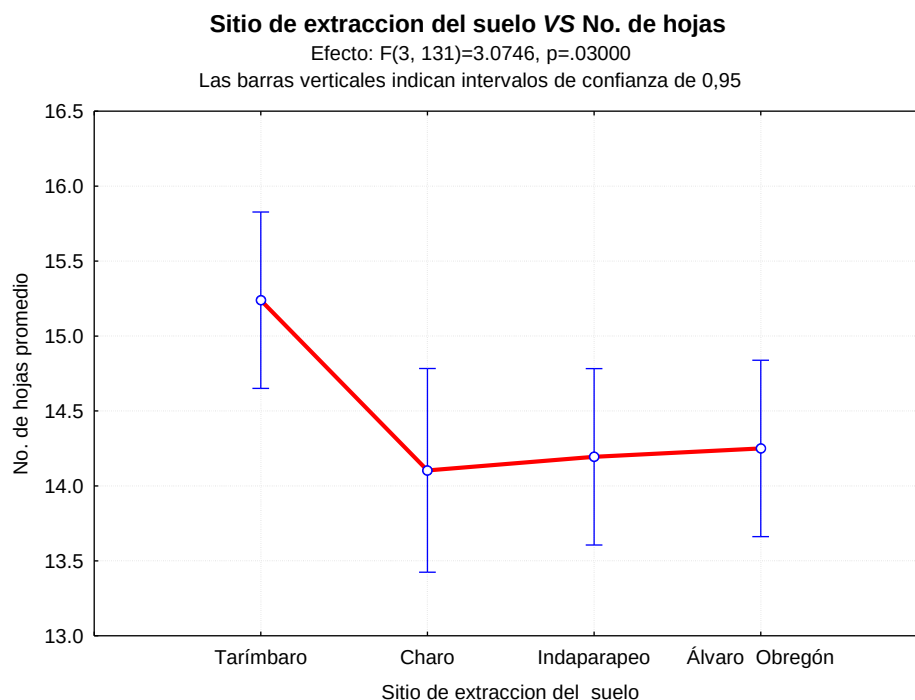


Figura 40. Gráfico ANOVA del número de hojas de la calabacita por municipio.

Se procedió a realizar el análisis de varianza por municipio, donde se puede observar en el Cuadro 73, que si existe diferencia estadística para el no. de hojas ya que el estadístico p de 0.030 es menor a 0.05 y el valor de F calculado de 3.075 es mayor al F de tablas de 2.60, el grafico de la Figura 40 nos muestra que Tarímbaro registró un promedio evidentemente mayor al resto de los municipios luego de detectar esta diferencia estadística se ejecutó el análisis Tukey correspondiente.

Cuadro 49 TUKEY del número de hojas de la calabacita por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.060156	0.062601	0.086869
Charo	0.060156		0.997183	0.988471
Indaparapeo	0.062601	0.997183		0.999179
Álvaro Obregón	0.086869	0.988471	0.999179	

El Cuadro 74 nos confirma lo que se observó en el grafico ya que efectivamente el municipio de Tarímbaro registró un número de hojas estadísticamente superior al resto de los municipios.

14.3.1.4 Grosor de tallo.

Cuadro 50 ANOVA del grosor del tallo de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1.0188	14	0.0728	10.84	0.000000
Error	0.8054	120	0.0067		

En el Cuadro 75 se plasma el análisis de varianza correspondiente al grosor de tallo y se identifica un estadístico p igual a 0.0 y un F calculado de 10.84 el cual es mucho mayor al F de tablas de 1.775, esto indica que existe diferencia estadística en los datos.

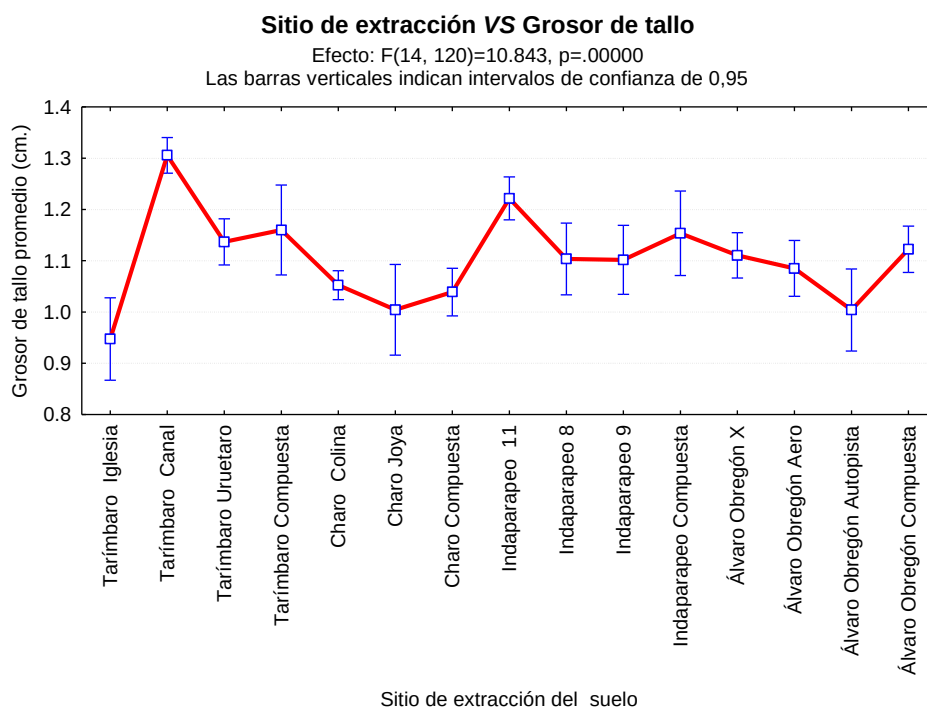


Figura 41. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 41 se ve el gráfico del grosor del tallo, en este gráfico se puede observar que tanto valor más alto como el más bajo que se registró se encuentra en el municipio de Tarímbaro el resto de los resultados son muy variados concordando con la alta diferencia que reportó el ANOVA.

Se sometieron los resultados a una prueba Tukey donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 51 Tukey del grosor del tallo de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Sitio de extracción del suelo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}
	.94733	1.3056	1.1369	1.1600	1.0524	1.0044	1.0389	1.2216	1.1036	1.1018	1.1536	1.1104	1.0851	1.0040	1.1224
Tarímbaro Iglesia		0.000140	0.000395	0.000156	0.305133	0.977005	0.541150	0.000140	0.007796	0.009124	0.000176	0.004189	0.036784	0.978521	0.001363
Tarímbaro Canal	0.000140		0.002474	0.019588	0.000140	0.000140	0.000140	0.681593	0.000200	0.000188	0.011306	0.000275	0.000146	0.000140	0.000659
Tarímbaro Uruetaro	0.000395	0.002474		0.999999	0.673596	0.055216	0.422604	0.669574	0.999925	0.999861	1.000000	0.999996	0.990593	0.053419	1.000000
Tarímbaro Compuesta	0.000156	0.019588	0.999999		0.269505	0.008271	0.121684	0.956918	0.979249	0.972850	1.000000	0.993864	0.828321	0.007951	0.999697
Charo Colina	0.305133	0.000140	0.673596	0.269505		0.995537	1.000000	0.002374	0.991696	0.994130	0.368904	0.973723	0.999941	0.995106	0.888449
Charo Joya	0.977005	0.000140	0.055216	0.008271	0.995537		0.999889	0.000149	0.403097	0.434474	0.014512	0.291871	0.739543	1.000000	0.148271
Charo Compuesta	0.541150	0.000140	0.422604	0.121684	1.000000	0.999889		0.000684	0.936725	0.948938	0.181462	0.870952	0.996967	0.999871	0.689538
Indaparapeo 11	0.000140	0.681593	0.669574	0.956918	0.002374	0.000149	0.000684		0.148271	0.132580	0.908669	0.222570	0.040791	0.000148	0.403097
Indaparapeo 8	0.007796	0.000200	0.999925	0.979249	0.991696	0.403097	0.936725	0.148271		1.000000	0.993304	1.000000	1.000000	0.395404	1.000000
Indaparapeo 9	0.009124	0.000188	0.999861	0.972850	0.994130	0.434474	0.948938	0.132580	1.000000		0.990593	1.000000	1.000000	0.426547	1.000000
Indaparapeo Compuesta	0.000176	0.011306	1.000000	1.000000	0.368904	0.014512	0.181462	0.908669	0.993304	0.990593		0.998569	0.904394	0.013971	0.999967
Álvaro Obregón X	0.004189	0.000275	0.999996	0.993864	0.973723	0.291871	0.870952	0.222570	1.000000	1.000000	0.998569		0.999997	0.285367	1.000000
Álvaro Obregón Aero	0.036784	0.000146	0.990593	0.828321	0.999941	0.739543	0.996967	0.040791	1.000000	1.000000	0.904394	0.999997		0.732052	0.999717
Álvaro Obregón Autopista	0.978521	0.000140	0.053419	0.007951	0.995106	1.000000	0.999871	0.000148	0.395404	0.426547	0.013971	0.285367	0.732052		0.144219
Álvaro Obregón Compuesta	0.001363	0.000659	1.000000	0.999697	0.888449	0.148271	0.689538	0.403097	1.000000	1.000000	0.999967	1.000000	0.999717	0.144219	

En el Cuadro 76 se pueden ver que el suelo Tarímbaro canal es estadísticamente diferente al resto de sitios excepto Indaparapeo 11, y Tarímbaro Iglesia es estadísticamente diferente a todos los demás exceptuando los puntos del municipio de Charo y el de Álvaro Obregón autopista, además de algunos otros sitios marcados en rojo lo que demuestra que el grosor de tallo es sensible al sitio de muestreo.

- **Análisis de grosor de tallo por municipio**

Cuadro 52 ANOVA del grosor del tallo de la calabacita por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	0.2612	3	0.0871	7.30	0.000146
Error	1.5630	131	0.0119		

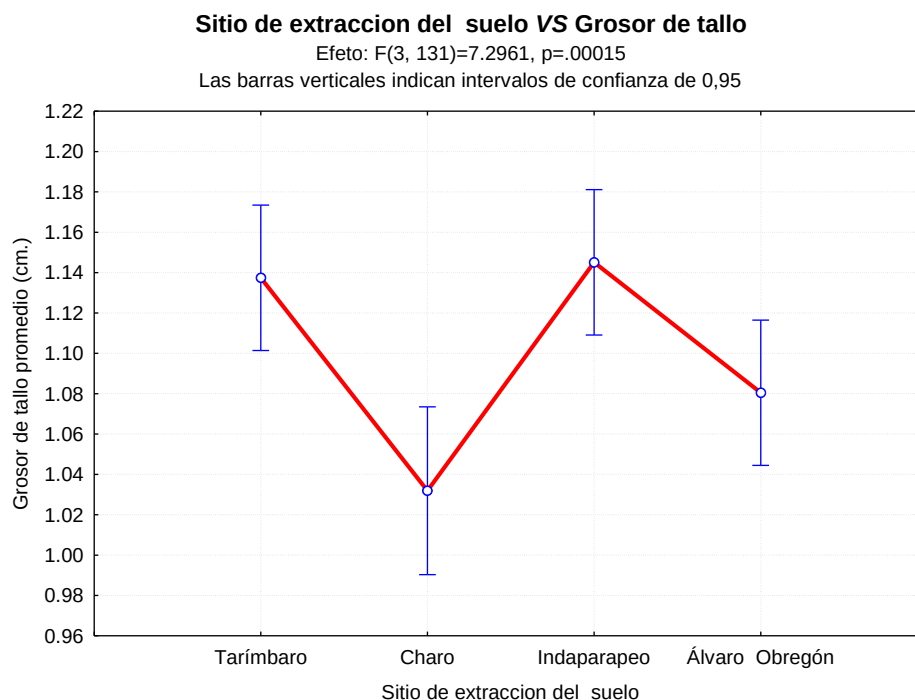


Figura 42. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita por municipio.

Cuadro 53 TUKEY del grosor del tallo de la calabacita por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.000871	0.990828	0.119999
Charo	0.000871		0.000279	0.299509
Indaparapeo	0.990828	0.000279		0.058442
Álvaro Obregón	0.119999	0.299509	0.058442	

En el Cuadro 77, se puede identificar que como era de esperarse al analizar el grosor de tallo por municipio, existen diferencias significativas, en la Figura 42 se aprecia que el municipio con grosor de tallo más alto fue Indaparapeo, seguido de Tarímbaro, Álvaro obregón y el más bajo corresponde al municipio de Charo, para lograr identificar que elementos están causando esta diferencia, se revisa el Cuadro 78, donde la prueba Tukey nos dicen que Charo es estadísticamente menor a Indaparapeo y Tarímbaro.

En el caso específico del grosor del tallo sí que existen diferencias al interior de los municipios concretamente en Tarímbaro, Indaparapeo y Álvaro Obregón por lo cual se procede al análisis de cada uno de ellos.

- **Tarímbaro**

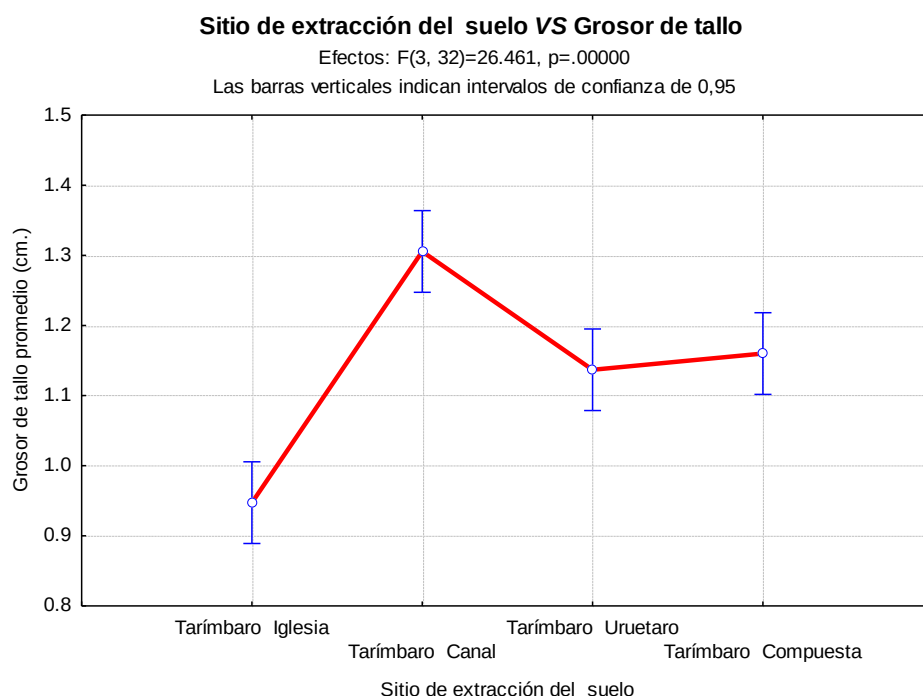


Figura 43. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita en Tarímbaro.

Cuadro 54 TUKEY del grosor del tallo de la calabacita en Tarímbaro.

Sitio de muestreo	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta
Tarímbaro Iglesia		0.000165	0.000419	0.000208
Tarímbaro Canal	0.000165		0.001302	0.005683
Tarímbaro Uruetaro	0.000419	0.001302		0.939927
Tarímbaro Compuesta	0.000208	0.005683	0.939927	

En la Figura 43 se pueden ver los valores críticos F y p y es notable que existe diferencia estadística entre los sitios de extracción, ya en el Cuadro 79 se muestra que el punto Tarímbaro canal es estadísticamente más alto que el resto de los sitios mientras que Tarímbaro iglesia es estadísticamente más bajo.

- Indaparapeo y Álvaro Obregón

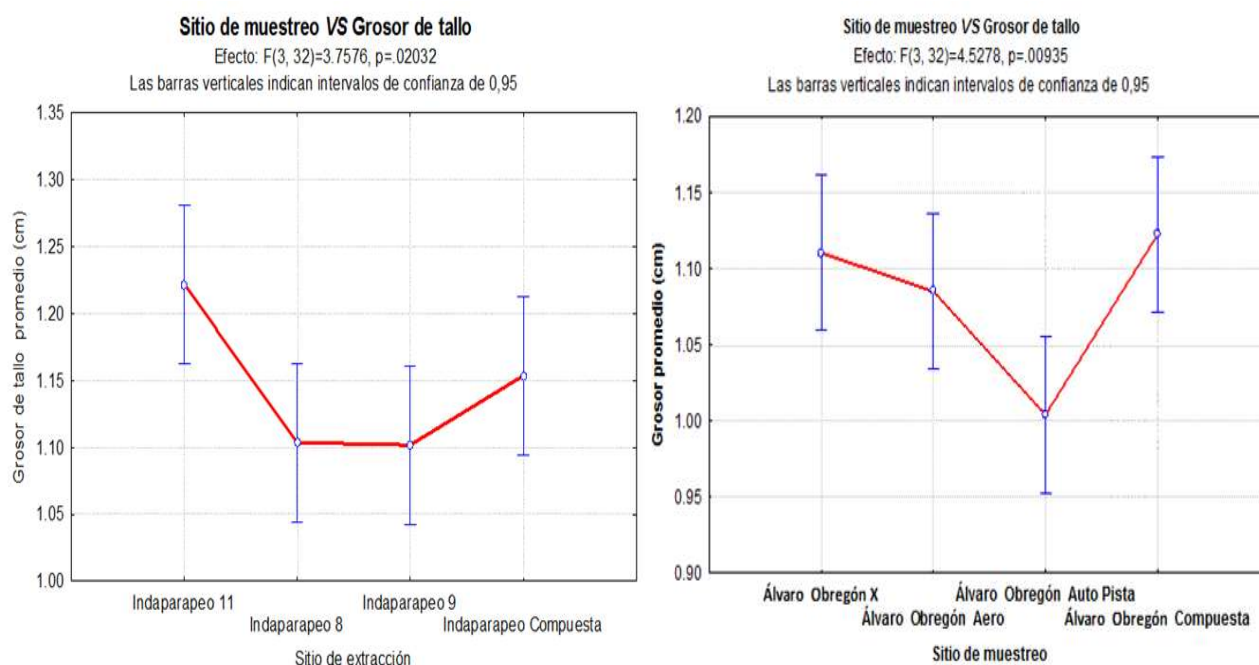


Figura 44. ANOVA del grosor del tallo de la calabacita en Indaparapeo y Álvaro Obregón.

Cuadro 55 TUKEY del grosor del tallo de la calabacita en Indaparapeo y Álvaro Obregón.

Sitio de muestreo	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo Compuesta
Indaparapeo 11		0.034572	0.031242	0.363827
Indaparapeo 8	0.034572		0.999974	0.621152
Indaparapeo 9	0.031242	0.999974		0.594474
Indaparapeo Compuesta	0.363827	0.621152	0.594474	
Sitio de muestreo	Álvaro Obregón X	Álvaro Obregón Aero	Álvaro Obregón auto pista	Álvaro Obregón compuesta
Álvaro Obregón X		0.890533	0.025263	0.986452
Álvaro Obregón Aero	0.890533		0.122032	0.719730
Álvaro Obregón auto pista	0.025263	0.122032		0.010966
Álvaro Obregón compuesta	0.986452	0.719730	0.010966	

En la Figura 44 se puede ver el grafico del municipio de Indaparapeo y Álvaro Obregón donde se observa un valor p de 0.02 y otro de 0.009 respectivamente lo cual indica que si existen diferencias significativas, se puede apreciar que Indaparapeo 11 alcanzo el mayor diámetro seguido de la mezcla compuesta y finalmente los otros 2 puntos y en el caso de Álvaro obregón. El Cuadro 80 muestra la prueba Tukey para Indaparapeo y Álvaro Obregón donde se aprecia que Indaparapeo 11 es significativamente mayor a Indaparapeo 8 e Indaparapeo 9 y que Álvaro Obregón compuesta y X son mayores a Álvaro Obregón autopista.

14.3.1.5 Clorofila.

Cuadro 56 ANOVA de la clorofila de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	468.1	14	33.4	0.722	0.748957
Error	5558.0	120	46.3		

El Cuadro 81 muestra los resultados del ANOVA para la clorofila, en este caso no encontramos diferencias significativas, el grafico de la Figura muestra los valores alcanzados por cada sitio, notando cierta estabilidad a excepción de algunos picos que no alcanzan a provocar una diferencia estadística.

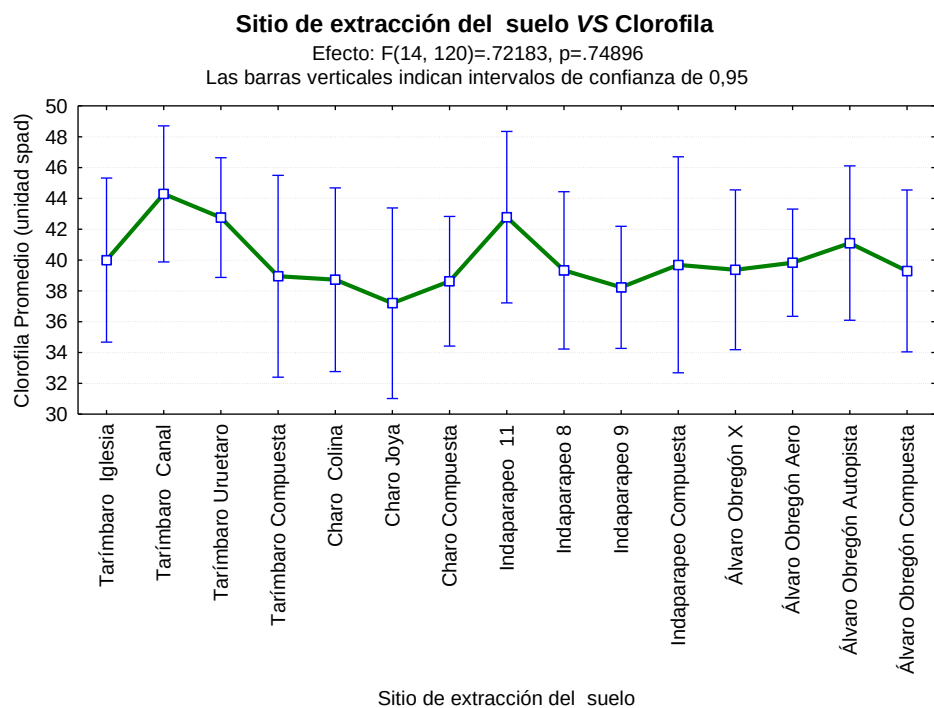


Figura 45. ANOVA de la clorofila de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

A nivel general no se detectó diferencias para la variable de clorofila, ahora se presenta el análisis por municipio

- **Clorofila por municipio.**

Cuadro 57 ANOVA de la clorofila de la calabacita por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	170.5	3	56.8	1.271	0.287002
Error	5855.6	131	44.7		

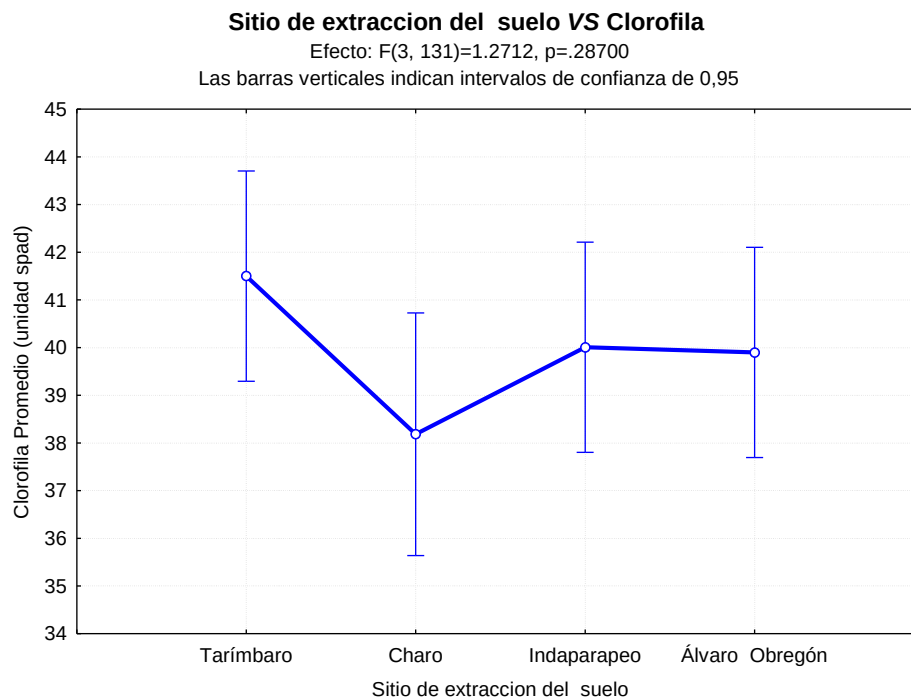


Figura 46. ANOVA de la clorofila de la calabacita por municipio.

Al agrupar y analizar por municipio se acentúa un poco más la diferencia y se ve que los valores más altos estuvieron en Tarímbaro seguidos de Álvaro Obregón e Indaparapeo con valores muy similares y los resultados más bajos los registro el municipio de Charo, sin embargo, la observar en conjunto la tabla no. 65 y el grafico de la Fig. 46 es evidente que sigue sin existir diferencia estadística para este parámetro, cabe mencionar que tampoco se encontró diferencias al revisar al interior de cada municipio.

14.3.1.6 Grados brix.

El ANOVA de los grados brix de la calabacita, se puede ver en el Cuadro 83 que el estadístico p se encuentra muy por encima del valor critico de 0.05 y si se revisa el dato de F con 14 grados de libertad en el numerador y 117 grados de libertad en el denominador y un alfa de 0.05, corresponde a un valor de 1.7 lo cual al ser mayor que el valor calculado confirma que no existe diferencia estadística para este parámetro, incluso considerando los valores máximos y mínimos del grafico

de la Figura 47, donde Indaparapeo 11 es el valor más alto y la mezcla de Álvaro obregón ocupa el lugar más bajo

Cuadro 58 ANOVA de los grados brix de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	4.6038	14	0.3288	1.204	0.281361
Error	31.9431	117	0.2730		

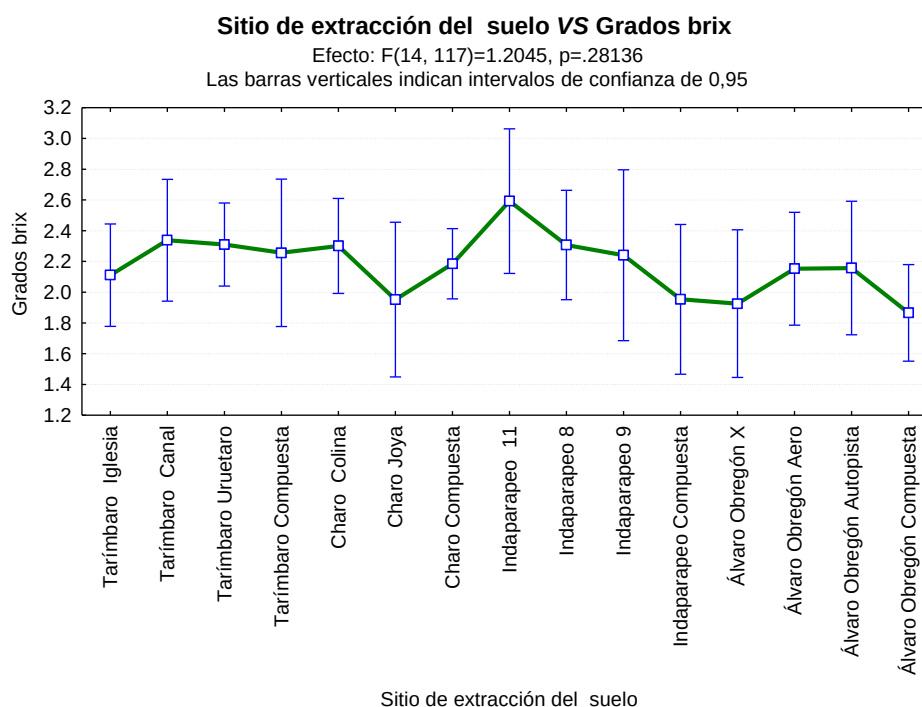


Figura 47. ANOVA de los grados brix de la calabacita y los sitios de extracción del suelo.

- ANOVA de Grados brix por municipio.

Cuadro 59 ANOVA de los Grados brix de la Calabacita por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1.3651	3	0.4550	1.655	0.179922
Error	35.1818	128	0.2749		

En el Cuadro 84, aparecen los resultados del análisis de varianza de los grados brix pero por municipio y en este caso tampoco existe diferencia significativa. En el

grafico de la Figura 48 se aprecia que el municipio que arrojo valores más altos de grados brix fue Indaparapeo, seguido de Tarímbaro, Charo y finalmente Álvaro Obregón.

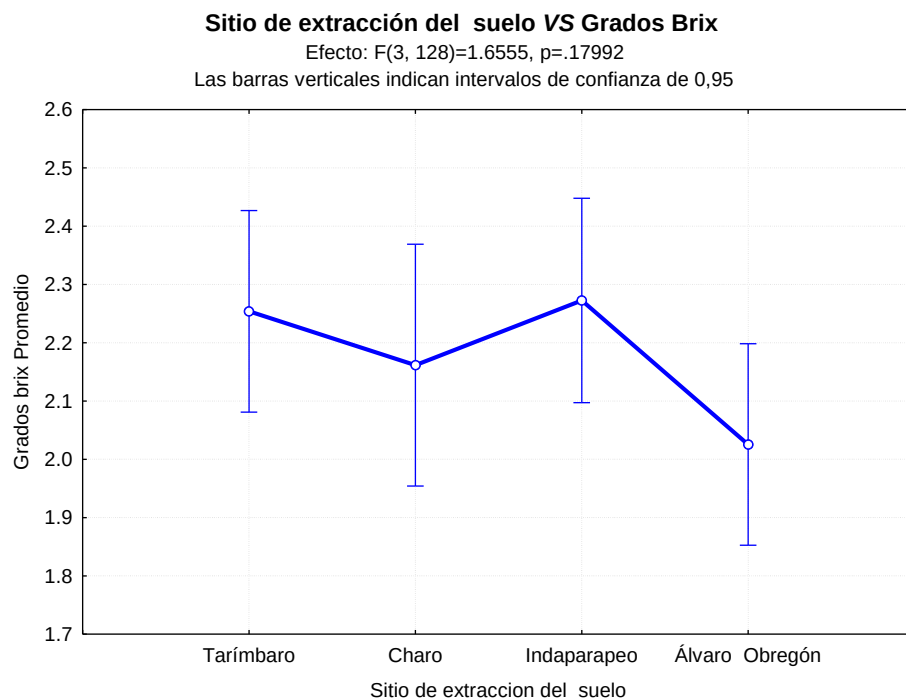


Figura 48. ANOVA de los grados brix de la calabacita por municipio.

14.3.2 Variables de respuesta del maíz y los sitios de extracción.

El segundo cultivo que se sometió a análisis es el maíz en este caso no se encontró el problema de que algún sustrato no fuera capaz de soportar el desarrollo del maíz por lo tanto para este cultivo se incluyeron todos los puntos que se muestrearon originalmente y únicamente una de 144 muestras no tuvo planta durante el experimento, posteriormente se midieron las siguientes variables.

Cuadro 60 Variables de respuesta del maíz.

Variables de respuesta

Altura de la planta	Peso del elote CH
Grosor de tallo	Peso del elote SH
Clorofila	Peso de hoja

Al igual que con el cultivo de calabacita los resultados que arrojaron las plantas de maíz se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y donde se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba Tukey, primeramente a nivel general, es decir evaluando todos los sitios de estudio al mismo tiempo, posteriormente se revisaron también todos los sitios pero segmentados por municipio y finalmente se analizó al interior de cada municipio para encontrar diferencias entre los sitios de extracción de suelo, pero de estos resultados solo se plasmaron en los que se detectó diferencia estadística

14.3.2.1 Altura.

El análisis estadístico comienza con la variable de la altura, el criterio utilizado fue evaluar la altura máxima alcanzada desde la base de la planta hasta el punto más alto de la espiga de esta. En este sentido los resultados derivados del ANOVA se plasman en el Cuadro 86.

Cuadro 61 ANOVA de la altura del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	15649	15	1043	1.87	0.032358
Error	35.1818	128	0.2749		

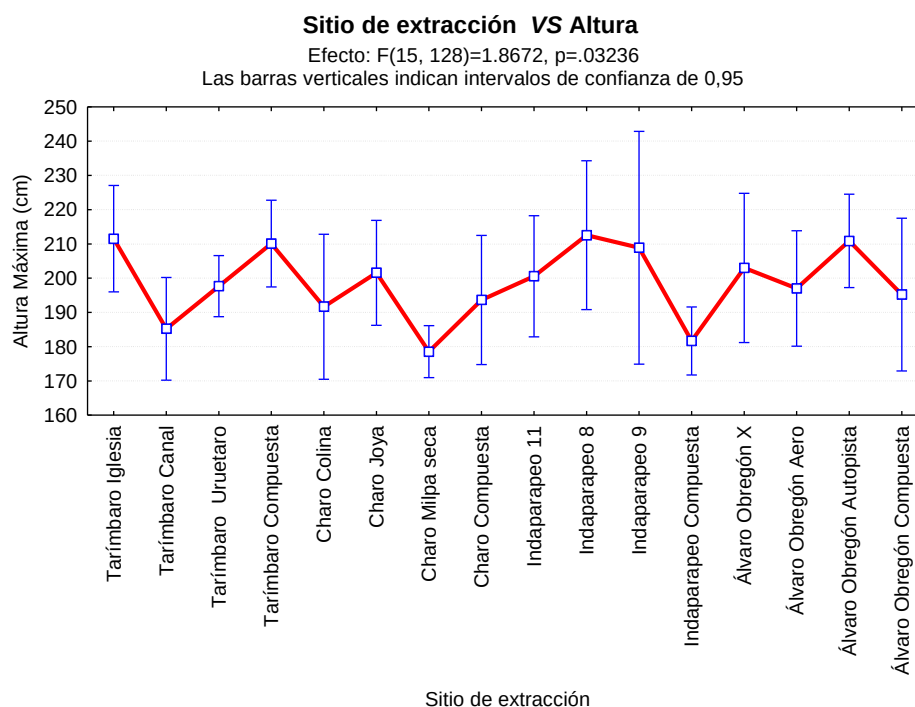


Figura 49. ANOVA de la altura del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Examinando los resultados del Cuadro 86 y el grafico de la Figura 49, se observa un estadístico p de 0.0323 menor desde luego al valor critico de 0.05, la F que calculamos tiene un valor de 1.87 mientras que el valor critico de las tablas es de 1.67, como la F calculada es mayor a la F extraída de tablas se puede afirmar que existe diferencia estadística. Se realizó una prueba Tukey y en ella se observó que no existía diferencia significativa específica y los valores observados son por el conjunto de diferencias.

- **ANOVA de la altura del maíz por municipio.**

Cuadro 62 ANOVA de la altura del maíz por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	2623	3	874	1.448	0.231517
Error	84544	140	604		

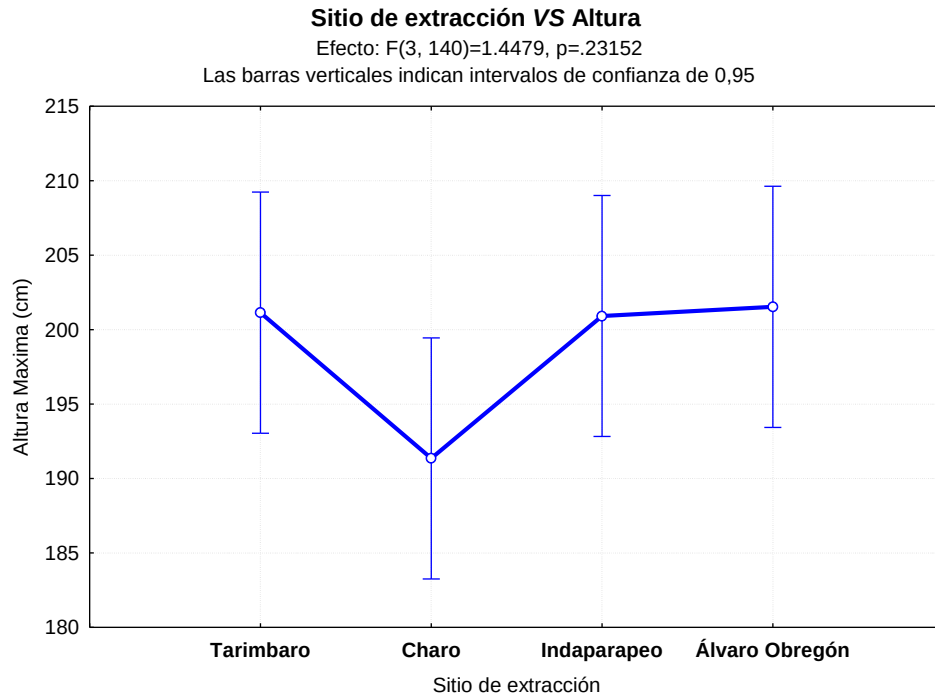


Figura 50. ANOVA de la altura del maíz por municipio.

En el Cuadro 87, se puede ver que no existe diferencia significativa entre municipios y en el gráfico de la Figura. 50 es claro que únicamente el municipio de Charo baja su promedio de altura ya que el resto de los municipios presenta valores bastante similares.

- **ANOVA de la altura del maíz para el municipio de Tarímbaro**

Cuadro 63 ANOVA de la altura del maíz en Tarímbaro.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	4090	3	1363	4.565	0.009012
Error	9557	32	299		

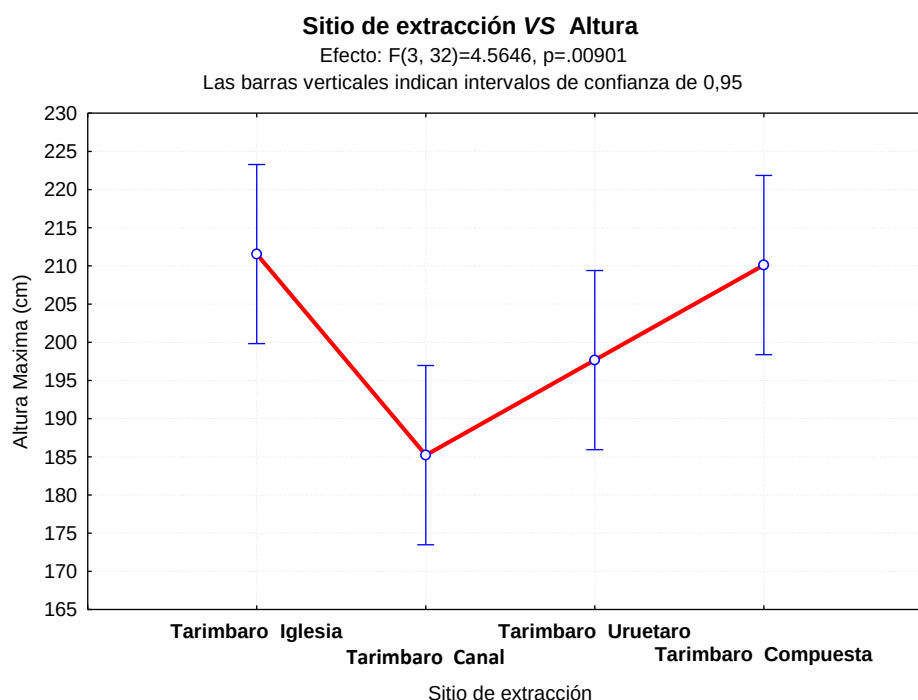


Figura 51. ANOVA de la altura del maíz en Tarímbaro.

El municipio de Tarímbaro presentó una diferencia estadística al interior del mismo, esta afirmación puede corroborarse en el Cuadro 88 donde se encuentra un valor de p de 0.009 y una F calculada de 4.56 cuando el F de tablas es de 2.9 con estos valores damos por hecho que existe diferencia estadística por lo cual se realiza una prueba Tukey para identificar que elementos están provocando la misma.

Cuadro 64 TUKEY de la altura del maíz en Tarímbaro.

Sitio de Extracción	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta
Tarímbaro Iglesia		0.014447	0.337939	0.998049
Tarímbaro Canal	0.014447		0.433526	0.022319
Tarímbaro Uruetaro	0.337939	0.433526		0.433526
Tarímbaro Compuesta	0.998049	0.022319	0.433526	

El Cuadro 89 presenta los resultados de la prueba Tukey, se ve claramente que los resultados del sitio llamado Tarímbaro canal, es estadísticamente menor a los resultados de Tarímbaro iglesia y Tarímbaro compuesta, este hecho confirma lo observado en el gráfico de la Figura 51.

14.3.2.2 Grosor de tallo.

En el caso del grosor del tallo fue necesario por la anatomía propia del tallo del maíz medir un diámetro polar y otro diámetro ecuatorial a los cuales se les denominó diámetro mayor y diámetro menor respectivamente y se siguió la misma metodología para el análisis de los datos

- ANOVA para el grosor del tallo.

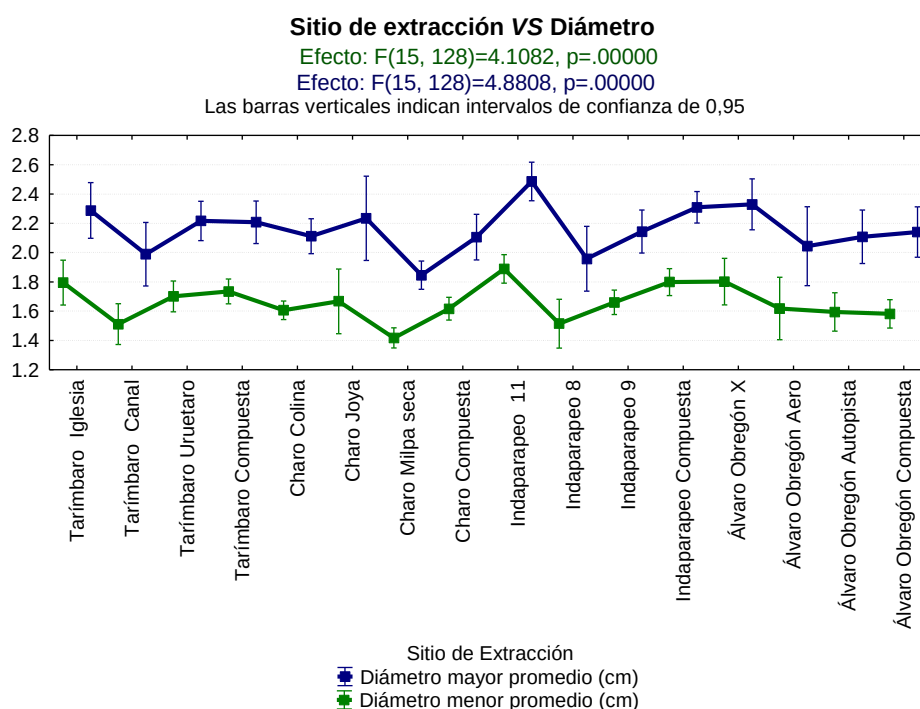


Figura 52. ANOVA del grosor del tallo del maíz y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 52, se observan dos gráficos lineales uno para cada uno de los diámetros previamente mencionados, en el mismo grafico en la parte superior se pueden apreciar los valores de p y F, en ambos casos dichos valores muestran que existen diferencias significativas por lo que se procede a realizar una prueba Tukey.

- Diámetro menor.

Cuadro 65 TUKEY del Diámetro menor del Maíz y los Sitios de extracción del suelo.

Sitio de Extracción	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
	1.7952	1.5120	1.7009	1.7349	1.6063	1.6672	1.4173	1.6169	1.8890	1.5147	1.6605	1.7986	1.8020	1.6186	1.5946	1.5819
Tarimbaro Iglesia		0.036014	0.998696	0.999995	0.584140	0.969722	0.000303	0.683327	0.998772	0.040276	0.952927	1.000000	1.000000	0.698502	0.472807	0.359049
Tarimbaro Canal	0.036014		0.584140	0.282513	0.998696	0.861123	0.998636	0.995731	0.000318	1.000000	0.898215	0.031161	0.027035	0.994936	0.999730	0.999967
Tarimbaro Uruetaro	0.998696	0.584140		1.000000	0.998656	1.000000	0.035464	0.999672	0.591183	0.609901	1.000000	0.998039	0.997155	0.999744	0.995119	0.984651
Tarimbaro Compuesta	0.999995	0.282513	1.000000		0.968394	0.999978	0.007597	0.985877	0.867800	0.303089	0.999926	0.999990	0.999981	0.987746	0.933939	0.873570
Charo Colina	0.584140	0.998696	0.998656	0.968394		0.999995	0.582965	1.000000	0.036758	0.999069	0.999999	0.551180	0.519415	1.000000	1.000000	1.000000
Charo Joya	0.969722	0.861123	1.000000	0.999978	0.999995		0.126140	1.000000	0.290830	0.877096	1.000000	0.961704	0.952563	1.000000	0.999946	0.999600
Charo Milpa seca	0.000303	0.998636	0.035464	0.007597	0.582965	0.126140		0.481770	0.000030	0.998121	0.156832	0.000251	0.000209	0.465896	0.691909	0.797162
Charo Compuesta	0.683327	0.995731	0.999672	0.985877	1.000000	1.000000	0.481770		0.056384	0.996783	1.000000	0.651764	0.620666	1.000000	1.000000	1.000000
Indaparapeo 11	0.998772	0.000318	0.591183	0.867800	0.036758	0.290830	0.000030	0.056384		0.000370	0.243094	0.999206	0.999491	0.060218	0.022277	0.012523
Indaparapeo 8	0.040276	1.000000	0.609901	0.303089	0.999069	0.877096	0.998121	0.996783	0.000370		0.911281	0.034922	0.030358	0.996155	0.999821	0.999980
Indaparapeo 9	0.952927	0.898215	1.000000	0.999926	0.999999	1.000000	0.156832	1.000000	0.243094	0.911281		0.941919	0.929673	1.000000	0.999985	0.999852
Indaparapeo Compuesta	1.000000	0.031161	0.998039	0.999990	0.551180	0.961704	0.000251	0.651764	0.999206	0.034922	0.941919		1.000000	0.667365	0.440795	0.330457
Álvaro Obregón X	1.000000	0.027035	0.997155	0.999981	0.519415	0.952563	0.000209	0.620666	0.999491	0.030358	0.929673	1.000000		0.636571	0.410606	0.304044
Álvaro Obregón Aero	0.698502	0.994936	0.999744	0.987746	1.000000	1.000000	0.465896	1.000000	0.060218	0.996155	1.000000	0.667365	0.636571		1.000000	1.000000
Álvaro Obregón Autopista	0.472807	0.999730	0.995119	0.933939	1.000000	0.999946	0.691909	1.000000	0.022277	0.999821	0.999985	0.440795	0.410606	1.000000		1.000000
Álvaro Obregón Compuesta	0.359049	0.999967	0.984651	0.873570	1.000000	0.999600	0.797162	1.000000	0.012523	0.999980	0.999852	0.330457	0.304044	1.000000	1.000000	

En el Cuadro 90, se presentan los resultados de la prueba Tukey y están señalados en color rojo los sitios que presentan diferencias significativas, entre los sitios destaca Indaparapeo 11 y Charo milpa seca con mayor número de diferencias, el primero mostro los valores más altos del gráfico y el segundo los valores más bajos.

- Diámetro mayor.

Cuadro 66 TUKEY del Diámetro mayor del Maíz y los Sitios de extracción del suelo.

Sitio de Extracción	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
	2.2878	1.9891	2.2163	2.2073	2.1122	2.2342	1.8462	2.1057	2.4862	1.9580	2.1441	2.3098	2.3296	2.0438	2.1079	2.1399
Tarimbaro Iglesia		0.326360	0.999999	0.999997	0.970325	1.000000	0.006349	0.959097	0.917762	0.173800	0.995905	1.000000	1.000000	0.689949	0.963199	0.994440
Tarimbaro Canal	0.326360		0.791735	0.838531	0.999285	0.682687	0.996126	0.999627	0.000750	1.000000	0.991019	0.212217	0.135384	1.000000	0.999533	0.993221
Tarimbaro Uruetaro	0.999999	0.791735		1.000000	0.999908	1.000000	0.062725	0.999803	0.512876	0.593317	0.999999	0.999977	0.999735	0.974732	0.999847	0.999998
Tarimbaro Compuesta	0.999997	0.838531	1.000000		0.999971	1.000000	0.080234	0.999932	0.451365	0.654826	1.000000	0.999925	0.999334	0.984748	0.999949	1.000000
Charo Colina	0.970325	0.999285	0.999908	0.999971		0.999358	0.539379	1.000000	0.056327	0.991445	1.000000	0.920476	0.842093	1.000000	1.000000	1.000000
Charo Joya	1.000000	0.682687	1.000000	1.000000	0.999358		0.037343	0.998820	0.636489	0.469712	0.999986	0.999999	0.999970	0.940644	0.999034	0.999974
Charo Milpa seca	0.006349	0.996126	0.062725	0.080234	0.539379	0.037343		0.584672	0.000030	0.999774	0.330711	0.002806	0.001293	0.920092	0.569375	0.355923
Charo Compuesta	0.959097	0.999627	0.999803	0.999932	1.000000	0.998820	0.584672		0.046689	0.994531	1.000000	0.898423	0.809196	1.000000	1.000000	1.000000
Indaparapeo 11	0.917762	0.000750	0.512876	0.451365	0.056327	0.636489	0.000030	0.046689		0.000214	0.130246	0.968992	0.990035	0.006182	0.049776	0.117517
Indaparapeo 8	0.173800	1.000000	0.593317	0.654826	0.991445	0.469712	0.999774	0.994531	0.000214		0.950888	0.102513	0.060179	0.999993	0.993613	0.959543
Indaparapeo 9	0.995905	0.991019	0.999999	1.000000	1.000000	0.999986	0.330711	1.000000	0.130246	0.950888		0.982638	0.951970	0.999943	1.000000	1.000000
Indaparapeo Compuesta	1.000000	0.212217	0.999977	0.999925	0.920476	0.999999	0.002806	0.898423	0.968992	0.102513	0.982638		1.000000	0.540236	0.906280	0.978026
Álvaro Obregón X	1.000000	0.135384	0.999735	0.999334	0.842093	0.999970	0.001293	0.809196	0.990035	0.060179	0.951970	1.000000		0.405717	0.820692	0.942193
Álvaro Obregón Aero	0.689949	1.000000	0.974732	0.984748	1.000000	0.940644	0.920092	1.000000	0.006182	0.999993	0.999943	0.540236	0.405717		1.000000	0.999967
Álvaro Obregón Autopista	0.963199	0.999533	0.999847	0.999949	1.000000	0.999034	0.569375	1.000000	0.049776	0.993613	1.000000	0.906280	0.820692	1.000000		1.000000
Álvaro Obregón Compuesta	0.994440	0.993221	0.999998	1.000000	1.000000	0.999974	0.355923	1.000000	0.117517	0.959543	1.000000	0.978026	0.942193	0.999967	1.000000	

En el Cuadro 91 se muestran los datos que arroja la prueba Tukey para el diámetro mayor y al igual que con el diámetro menor destacan Tarimbaro 11 y

Charo milpa seca con mayor número de diferencias, en general se puede decir que el grosor de tallo es bastante sensible a los diferentes sustratos.

- **ANOVA del grosor de tallo para el cultivo del maíz por municipio.**

Cuadro 67 ANOVA del grosor del tallo del maíz por municipio.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	Sitio de muestreo	0.4206	3	0.1402	1.968	0.121586
	Error	9.9730	140	0.0712		
Diámetro menor	Sitio de muestreo	0.3868	3	0.1289	3.31	0.021982
	Error	84544	140	604		

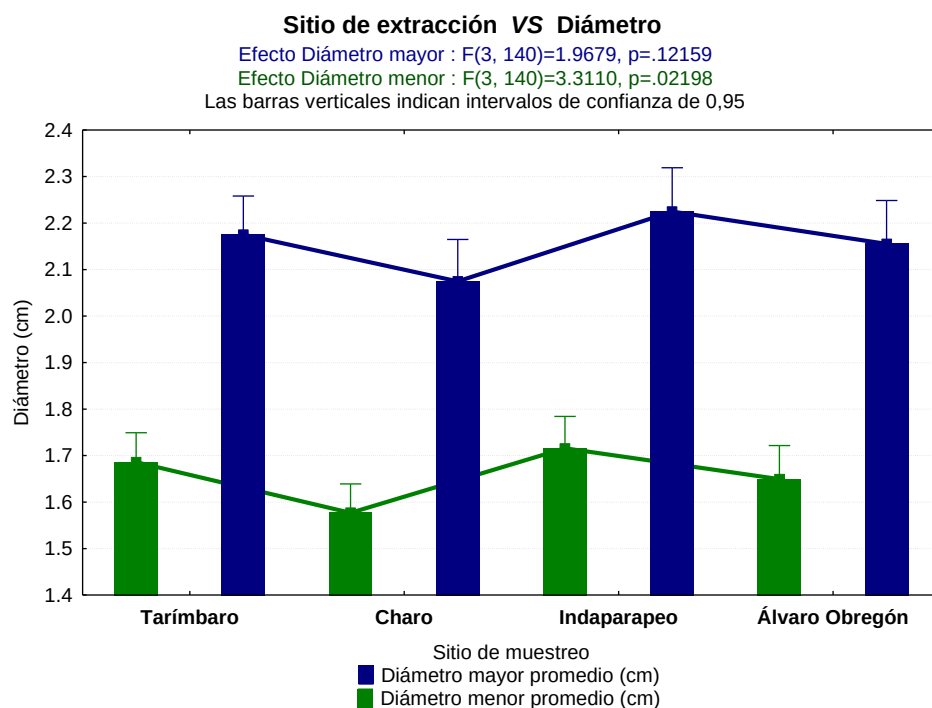


Figura 53. ANOVA del grosor del tallo del maíz por municipio.

En el Cuadro 92 se presentan los valores del análisis de varianza para los diámetros del tallo del maíz, en dicha tabla se ve que existe una diferencia estadística en el diámetro menor ya que tenemos un valor p menor a 0.05 y una F calculada mayor al valor crítico que en este caso es de 2.6. En la Figura 53 están plasmado gráficamente ambos diámetros y se observan valores más altos en Indaparapeo, seguido de Tarímbaro, Álvaro Obregón y Charo con los valores más

bajos , es notorio que se forman gráficos muy similares pero los datos nos indican diferencia estadística solo para el diámetro menor al cual se le realizó una prueba Tukey.

Cuadro 68 TUKEY del diámetro menor del maíz por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.089240	0.917576	0.861620
Charo	0.089240		0.015105	0.404523
Indaparapeo	0.917576	0.015105		0.481363
Álvaro Obregón	0.861620	0.404523	0.481363	

Los resultados de la prueba Tukey demuestran que Charo es estadísticamente menor a el municipio de Indaparapeo tal y como se observa en el Cuadro 93.

- **ANOVA del grosor del tallo del maíz en el municipio de Tarímbaro**

Cuadro 69 ANOVA del grosor del tallo del maíz en Tarímbaro.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	Sitio de muestreo	0.4501	3	0.1500	2.899	0.050120
	Error	1.6562	32	0.0518		
Diámetro menor	Sitio de muestreo	0.4034	3	0.1345	5.210	0.004821
	Error	0.8259	32	0.0258		

Se realizó el análisis estadístico de todos los municipios y en varios de ellos se detectaron diferencias importantes, en el Cuadro 94 aparece el análisis de varianza del grosor del tallo del municipio de Tarímbaro, donde se observa que el valor p del diámetro menor es de 0.0048 muy inferior al valor critico de 0.05, el diámetro mayor por su parte está en el límite con un valor de 0.050120, el valor F extraído de las tabla es de 2.901 que si se compara con los F calculados se confirma lo ya mencionado, el grafico de ambos diámetros se muestra en la Figura 54.

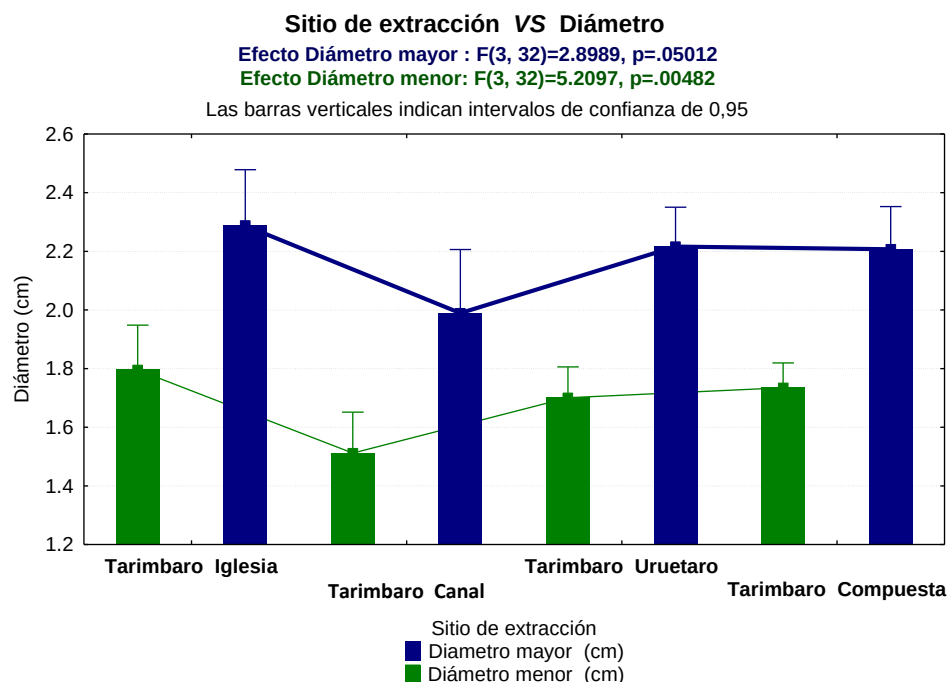


Figura 54. ANOVA del grosor del tallo del maíz en Tarímbaro

Cuadro 70 TUKEY del grosor del tallo del maíz en Tarímbaro.

Variable	Sitio de muestreo	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta
Diámetro mayor	Tarímbaro Iglesia		0.042227	0.908953	0.875827
	Tarímbaro Canal	0.042227		0.169191	0.197047
	Tarímbaro Uruetaro	0.908953	0.169191		0.999806
	Tarímbaro Compuesta	0.875827	0.197047	0.999806	
Diámetro menor	Tarímbaro Iglesia		0.003951	0.603401	0.856012
	Tarímbaro Canal	0.003951		0.080161	0.029119
	Tarímbaro Uruetaro	0.603401	0.080161		0.969219
	Tarímbaro Compuesta	0.856012	0.029119	0.969219	

En el gráfico de la Figura 54 se puede observar que en el caso de ambos diámetros el sitio que mayores valores alcanzo fue el de Tarímbaro iglesia, seguido de valores muy similares para Uruetaro y la mezcla compuesta y el sitio que se rezaga en este sentido es Tarímbaro canal, en el Cuadro 95 aparecen los resultados de la prueba Tukey donde se ve que en el caso del diámetro mayor existe diferencia entre Tarímbaro iglesia y Canal mientras que en el diámetro

menor tenemos que Tarímbaro canal es estadísticamente menor a Tarímbaro iglesia y a Tarímbaro compuesta.

- **ANOVA del grosor del tallo del maíz en el municipio de Charo.**

El municipio de Charo también mostro diferencias importantes en lo que al grosor del tallo se refiere, en este caso únicamente el diámetro menor manifiesta dichas diferencias, en el Cuadro 96 se pueden ver los resultados que arrojó el ANOVA y muestra que si existe variación en lo que se refiere al diámetro menor.

Cuadro 71 ANOVA del grosor del tallo del maíz en Charo.

Efectos	SS	GL	MS	F	P
Sitio de muestreo	0.32357	3	0.10786	4.017	0.015588
Error	0.85918	32	0.02685		

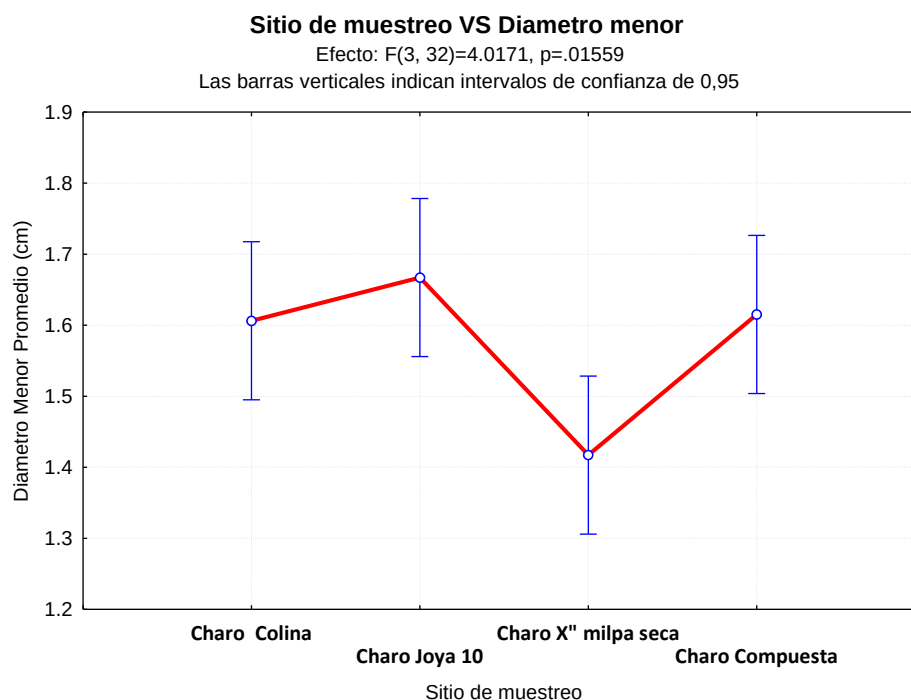


Figura 55. ANOVA del grosor del tallo del maíz en Charo

El grafico de la Figura 55 muestra que los valores más altos los alcanzo Charo joya, seguido de Charo Colina y la muestra Compuesta, mientras que Charo milpa seca se desploma con valores bastante más bajos. El Cuadro 97 confirma lo

dicho ya que la diferencia se encontró precisamente entre Charo joya y Charo milpa seca.

Cuadro 72 TUKEY del grosor del tallo del maíz en Charo.

Sitio de muestreo	Charo Colina	Charo Joya 10	Charo X" milpa seca	Charo Compuesta
Charo Colina		0.859432	0.088496	0.999507
Charo Joya 10	0.859432		0.014359	0.906551
Charo X" milpa seca	0.088496	0.014359		0.069349
Charo Compuesta	0.999507	0.906551	0.069349	

- ANOVA del grosor del tallo del maíz en el municipio de Indaparapeo**

El municipio de Indaparapeo no fue la excepción y también presentó diferencias significativas en este caso para ambos diámetros como se puede apreciar en el Cuadro 98 donde el valor p de ambos diámetros es mucho menor a 0.05 y el valor calculado de F es de más de 10 mientras que la F de tablas es de poco más de 2.9.

Cuadro 73 ANOVA del grosor del tallo del maíz en Indaparapeo.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	Sitio de muestreo	1.3790	3	0.4597	10.935	0.000042
	Error	1.3452	32	0.0420		
Diámetro menor	Sitio de muestreo	0.7233	3	0.2411	10.813	0.000046
	Error	0.7135	32	0.0223		

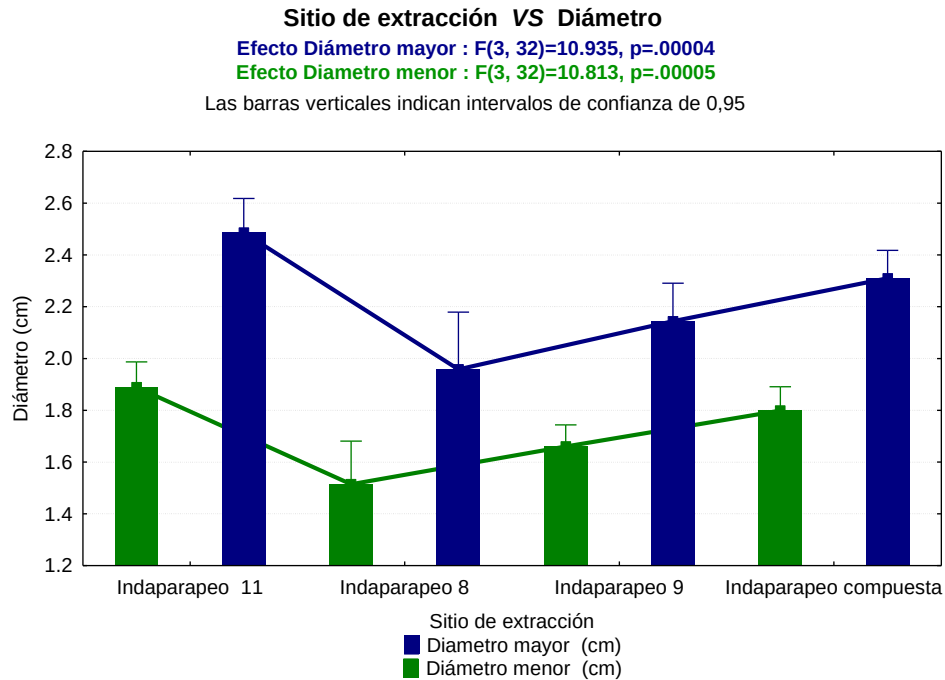


Figura 56. ANOVA del grosor del tallo del maíz en Indaparapeo.

En el gráfico de la Figura 56 se puede ver que el sitio con valores más altos es Indaparapeo 11, seguido de Indaparapeo compuesta, Indaparapeo 9 e Indaparapeo 8 con los resultados más pobres en cuanto a diámetro. Se puede ver también gráficos idénticos, únicamente en proporciones diferentes condición que se ve reflejada en los valores críticos que arrojo el análisis de varianza, mismos que nos indican la necesidad de una prueba Tukey, la cual se puede observar en el Cuadro 99.

Cuadro 74 TUKEY del grosor del tallo del maíz en Indaparapeo.

Variable	Sitio de muestreo	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo compuesta
Diámetro mayor	Indaparapeo 11		0.000187	0.006633	0.280522
	Indaparapeo 8	0.000187		0.238115	0.005127
	Indaparapeo 9	0.006633	0.238115		0.333267
	Indaparapeo compuesta	0.280522	0.005127	0.333267	
Diámetro menor	Indaparapeo 11		0.000200	0.013947	0.579703
	Indaparapeo 8	0.000200		0.184327	0.001839
	Indaparapeo 9	0.013947	0.184327		0.223342
	Indaparapeo compuesta	0.579703	0.001839	0.223342	

La prueba Tukey muestra en el caso del diámetro mayor, que Indaparapeo 11 es estadísticamente mayor a Indaparapeo 9 e Indaparapeo 8, y que Indaparapeo compuesta es mayor estadísticamente a Indaparapeo 8. En lo referente al diámetro menor la prueba Tukey indica igualmente que Indaparapeo 11 es estadísticamente mayor a Indaparapeo 9 e Indaparapeo 8 y que nuevamente la mezcla compuesta es estadísticamente mayor a Indaparapeo 8 y en este caso a Indaparapeo 9.

14.3.2.3 Número de hojas.

En el Cuadro 100, se puede ver el análisis de varianza de todos los sitios de extracción, esta tabla indica que existe diferencia significativa ya que presenta un valor de p de 0.000015 el cual sin duda está por debajo del valor crítico, además el valor de F de tablas considerando 15 grados de libertad en el denominador, 128 en el numerado y un cinco por ciento de significancia nos da un valor de 1.66 el cual es bastante menor al valor de F calculado de 3.8.

Cuadro 75 ANOVA del número de hojas del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	43.66	15	2.91	3.80	0.000015
Error	98.05	128	0.77		

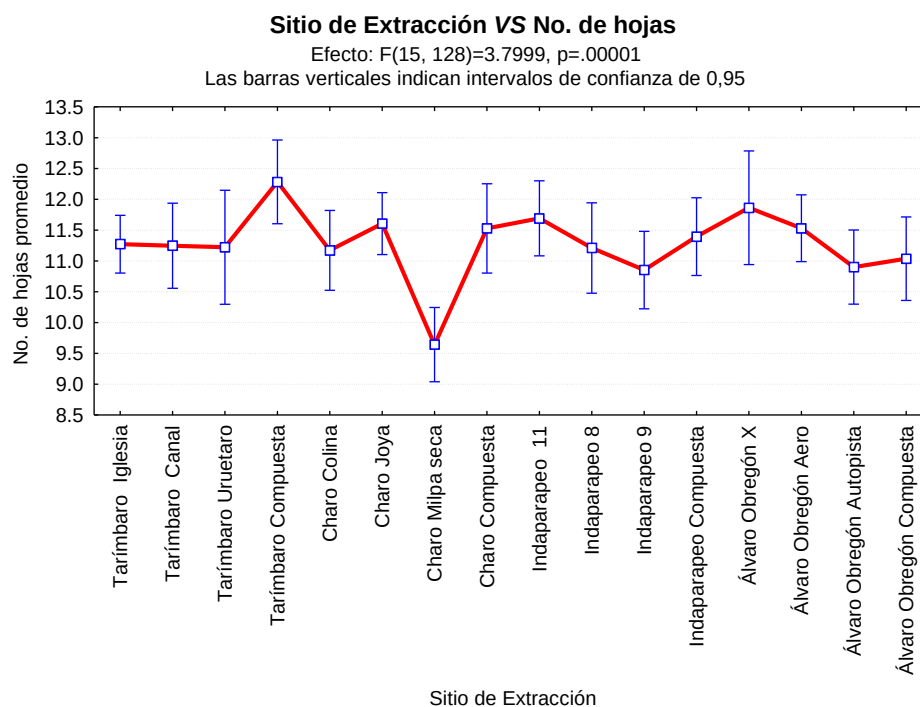


Figura 57. ANOVA del número de hojas del maíz y los sitios de extracción del suelo.

En el gráfico de la Figura 57 se muestra que el sitio con los mejores resultados fue la mezcla compuesta de Tarímbaro, mientras que el sitio con resultados más pobres fue el denominado Charo milpa seca, como ya se mencionó existe diferencia estadística entre los resultados por lo tanto se realiza una prueba Tukey para identificar los elementos causantes de dicha diferencia.

Cuadro 76 TUKEY del número de hojas del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Sitio de Extracción	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
	11.272	11.247	11.222	12.284	11.173	11.605	9.6420	11.528	11.691	11.210	10.852	11.395	11.864	11.531	10.901	11.037
Tarímbaro Iglesia		1.000000	1.000000	0.506520	1.000000	0.999988	0.007773	1.000000	0.999763	1.000000	0.999763	1.000000	0.988708	1.000000	0.999951	1.000000
Tarímbaro Canal	1.000000		1.000000	0.461386	1.000000	0.999968	0.009794	0.999999	0.999527	1.000000	0.999889	1.000000	0.983189	0.999999	0.999980	1.000000
Tarímbaro Uruetaro	1.000000	1.000000		0.417411	1.000000	0.999925	0.012286	0.999996	0.999104	1.000000	0.999951	1.000000	0.975714	0.999996	0.999992	1.000000
Tarímbaro Compuesta	0.506520	0.461386	0.417411		0.334762	0.959962	0.000029	0.904815	0.988708	0.396009	0.043263	0.729279	0.999763	0.907678	0.063171	0.159430
Charo Colina	1.000000	1.000000	1.000000	0.334762		0.999663	0.019063	0.999972	0.997213	1.000000	0.999992	1.000000	0.953308	0.999968	0.999999	1.000000
Charo Joya	0.999988	0.999968	0.999925	0.959962	0.999663		0.000241	1.000000	1.000000	0.999889	0.907678	1.000000	1.000000	1.000000	0.945876	0.992658
Charo Milpa seca	0.007773	0.009794	0.012286	0.000029	0.019063	0.000241		0.000555	0.000102	0.013736	0.198933	0.002284	0.000037	0.000537	0.147638	0.057583
Charo Compuesta	1.000000	0.999999	0.999996	0.904815	0.999972	1.000000	0.000555		1.000000	0.999993	0.961510	1.000000	0.999986	1.000000	0.980637	0.998495
Indaparapeo 11	0.999763	0.999527	0.999104	0.988708	0.997213	1.000000	0.000102	1.000000		0.998789	0.805856	0.999997	1.000000	1.000000	0.869505	0.971119
Indaparapeo 8	1.000000	1.000000	1.000000	0.396009	1.000000	0.999889	0.013736	0.999993	0.998789		0.999968	1.000000	0.971119	0.999992	0.999996	1.000000
Indaparapeo 9	0.999763	0.999889	0.999951	0.043263	0.999992	0.907678	0.198933	0.961510	0.805856	0.999968		0.995390	0.506520	0.959962	1.000000	1.000000
Indaparapeo Compuesta	1.000000	1.000000	1.000000	0.729279	1.000000	1.000000	0.002284	1.000000	0.999997	1.000000	0.995390		0.999104	1.000000	0.998383	0.999968
Álvaro Obregón X	0.988708	0.983189	0.975714	0.999763	0.953308	1.000000	0.000037	0.999986	1.000000	0.971119	0.506520	0.999104		0.999988	0.598043	0.823079
Álvaro Obregón Aero	1.000000	0.999999	0.999996	0.907678	0.999968	1.000000	0.000537	1.000000	1.000000	0.999992	0.959962	1.000000	0.999988		0.979721	0.998383
Álvaro Obregón Autopista	0.999951	0.999980	0.999992	0.063171	0.999999	0.945876	0.147638	0.980637	0.869505	0.999996	1.000000	0.998383	0.598043	0.979721		1.000000
Álvaro Obregón Compuesta	1.000000	1.000000	1.000000	0.159430	1.000000	0.992658	0.057583	0.998495	0.971119	1.000000	1.000000	0.999968	0.823079	0.998383	1.000000	

En el Cuadro 101, se pueden observar los resultados de la prueba Tukey, en color rojo se muestran los sitios que presentan diferencias entre sí, en este caso es notorio que el sitio Charo milpa seca es estadísticamente menor a la mayoría de los sitios de extracción, además de Indaparapeo 9 que es estadísticamente menor a la mezcla de Tarímbaro.

- **ANOVA del número de hojas del maíz por municipio**

Cuadro 77 ANOVA del número de hojas del maíz por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	5.04	3	1.68	1.72	0.165601
Error	136.68	140	0.98		

En el Cuadro 102 se plasma el Análisis de varianza del número de hojas pero en esta ocasión por municipio y los valores no arrojan diferencia estadística, en el gráfico de la Figura 58 es claro que el municipio con valores más altos es Tarímbaro, seguido de Álvaro Obregón, Indaparapeo y el más bajo corresponde al municipio de Charo, recordando que estas diferencias no son significativas.

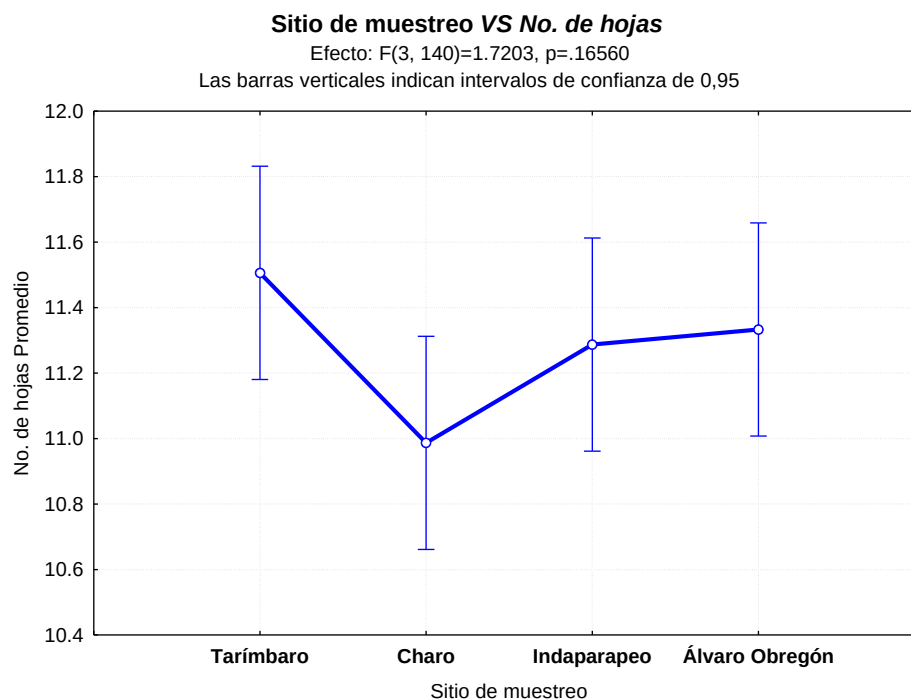


Figura 58. ANOVA del número de hojas del maíz por municipio.

- ANOVA del número de hojas del maíz en el municipio de Charo**

Luego de revisar al interior de cada uno de los municipios, se detectó diferencia significativa en el municipio de Charo, dicha situación se encuentra plasmada en el Cuadro103 que nos presenta los resultados del análisis de varianza y donde se encuentran valores críticos que avalan dicha diferencia.

Cuadro 78 ANOVA del número de hojas del maíz en Charo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	22.504	3	7.501	11.350	0.000031
Error	21.149	32	0.661		

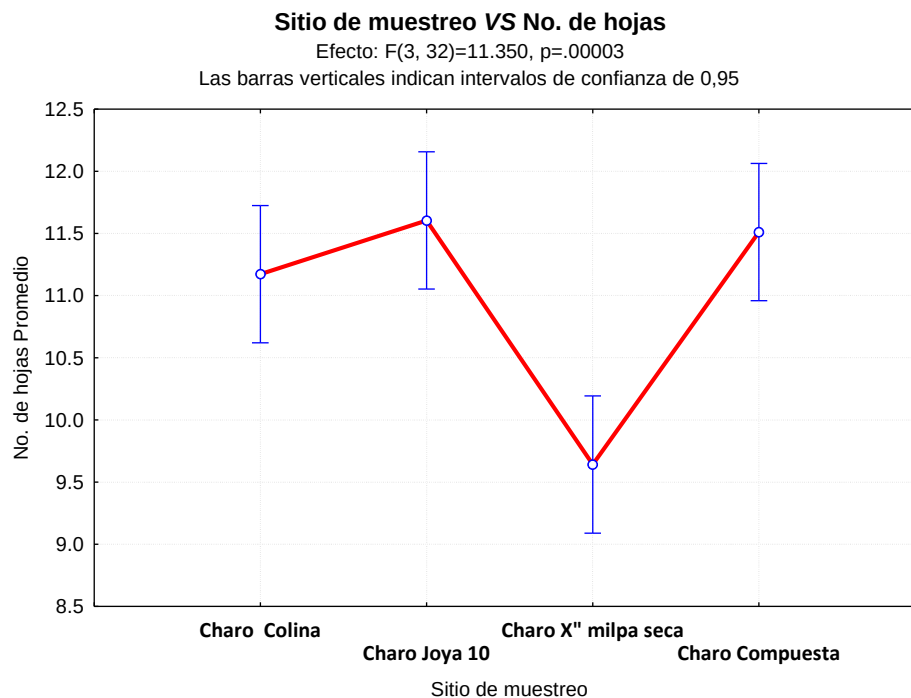


Figura 59. ANOVA del número de hojas del maíz en Charo.

En el gráfico de la Figura 59 se muestran valores similares en todos los puntos a excepción del llamado Charo milpa seca donde se aprecia un claro desplome en sus valores, como ya se dijo que existe diferencia significativa se procede aplicar la prueba Tukey.

Cuadro 79 TUKEY del número de hojas del maíz en Charo.

Sitio de muestreo	Charo Colina	Charo Joya 10	Charo X'' milpa seca	Charo Compuesta
Charo Colina		0.675629	0.002034	0.813379
Charo Joya 10	0.675629		0.000230	0.994856
Charo X'' milpa seca	0.002034	0.000230		0.000304
Charo Compuesta	0.813379	0.994856	0.000304	

En el Cuadro 104, se puede ver que efectivamente Charo milpa seca es estadísticamente menor al resto de los sustratos.

14.3.2.4 Clorofila.

Cuadro 80 ANOVA de la Clorofila del Maíz y los Sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	652.8	15	43.5	1.746	0.049893
Error	3191.0	128	24.9		

En el Cuadro 105, aparecen los valores que arroja el análisis de varianza donde se puede identificar que existe diferencia significativa es fácil verlo ya que el valor de p es menor a 0.05, además el valor de F de tablas en este caso es de 1.66 y el F calculado es mayor por tanto se corrobora que existe diferencia estadística, lo anterior es evidente en el gráfico de la Figura 60, por lo cual se aplica una prueba Tukey.

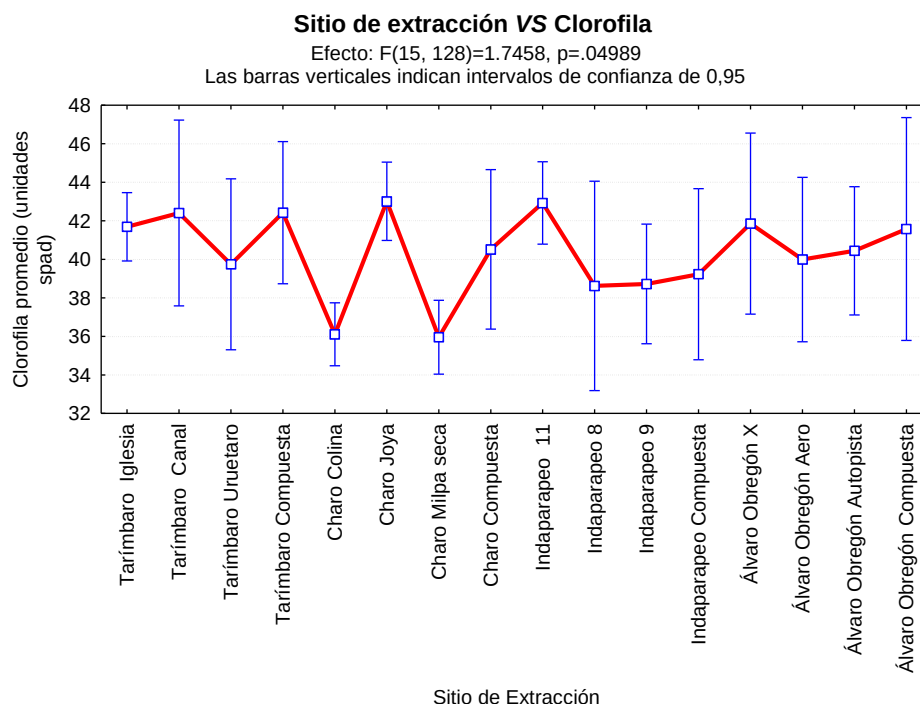


Figura 60. ANOVA de la clorofila del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Los resultados de la prueba Tukey no señalan puntualmente los elementos que generan la diferencia encontrada lo cual quiere decir que es la variación entre el cúmulo de datos es lo que provoca la diferencia estadística.

- ANOVA de la clorofila del maíz por municipios

Cuadro 81 ANOVA de la clorofila del maíz por municipios.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	150.6	3	50.2	1.903	0.131888
Error	3693.3	140	26.4		

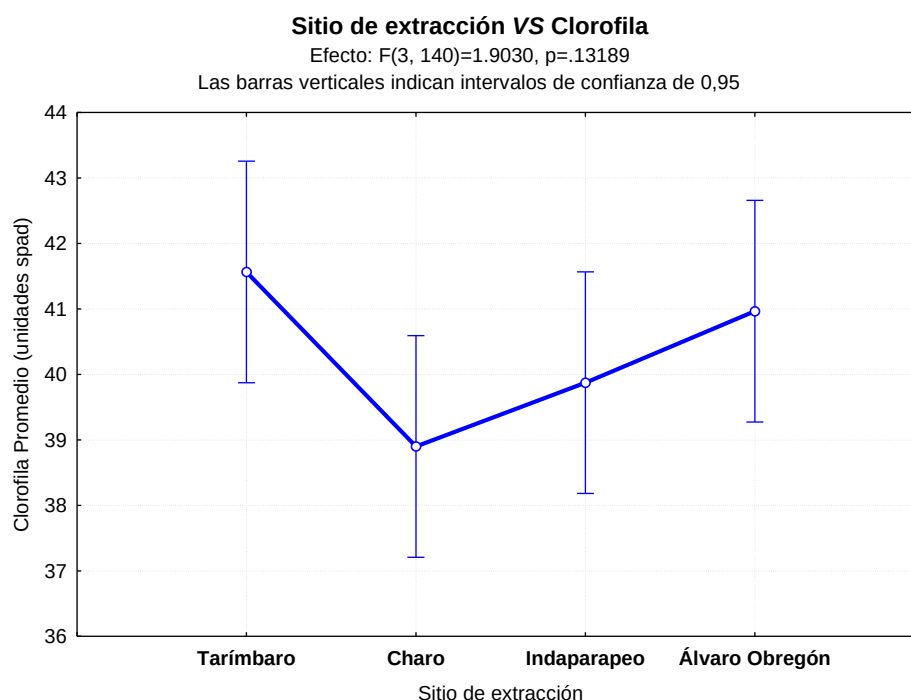


Figura 61. ANOVA de la clorofila del maíz por municipios.

Al analizar los datos por municipio presentes en el Cuadro 106 se detectó diferencia estadística, en el gráfico de la Figura 61 Tarímbaro alcanza los niveles más altos de clorofila seguido de Álvaro Obregón, Indaparapeo y Charo con los valores más bajos, aunque estas diferencias no llegan a ser significativas.

- ANOVA de la clorofila del maíz en el municipio de Charo.

Al evaluar cada municipio se detectó solo una diferencia en cuanto a clorofila se refiere al interior del municipio de Charo, esto lo podemos percibir en el gráfico de la fig. 62 donde podemos revisar el valor p de 0.00015 el cual declara una franca diferencia, por lo cual se requerirá de una prueba Tukey.

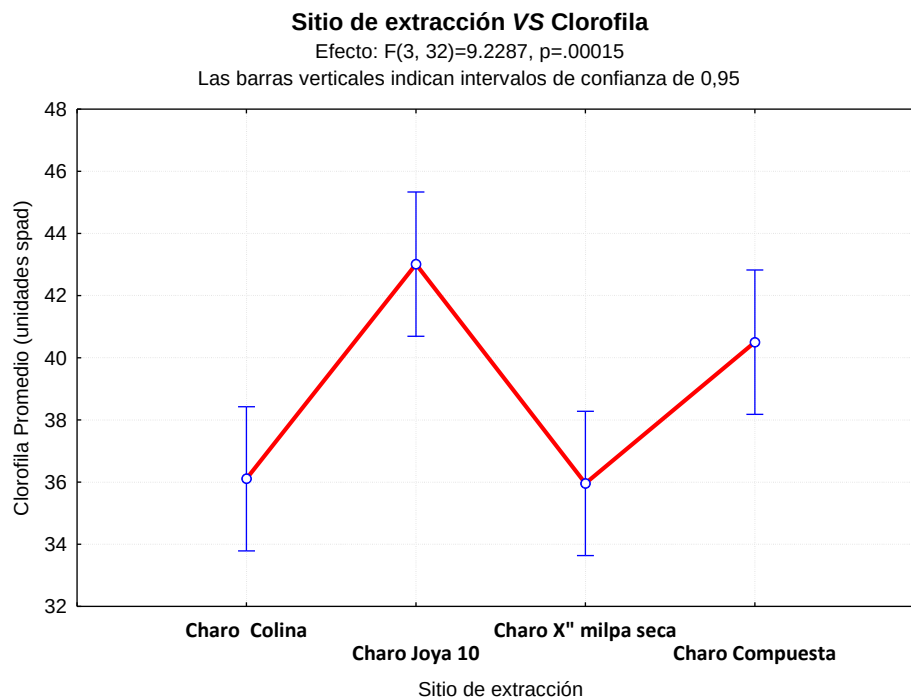


Figura 62. ANOVA de la clorofila del maíz en Charo.

Gracias a la prueba Tukey del Cuadro 107 se ve que los sitios de extracción Charo colina y Charo milpa seca son estadísticamente menores a los sitios Charo joya y Charo compuesta.

Cuadro 82 TUKEY de la clorofila del maíz en Charo.

Sitio de muestreo	Charo Colina	Charo Joya 10	Charo X'' milpa seca	Charo Compuesta
Charo Colina		0.000984	0.999743	0.047985
Charo Joya 10	0.000984		0.000792	0.416842
Charo X'' milpa seca	0.999743	0.000792		0.038845
Charo Compuesta	0.047985	0.416842	0.038845	

14.3.2.5 Peso del fruto de maíz.

En lo que se refiere al peso de fruto se contempló el peso del elote con la hoja (CH), el elote sin hoja (SH) y el peso de la hoja del fruto, en el Cuadro 108 vemos los ANOVA de estos 3 parámetros, en este caso la F calculada adquiere un valor de 1.666 mismo que si lo comparamos con la F calculada de cada parámetro es

evidente que las tres F calculadas son mayores al valor tabulado lo cual indica que existe diferencia estadística y comprobamos esto revisando que los valores de p son menores a 0.05

Cuadro 83 ANOVA del peso de los frutos del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso de Elote CH	Sitio de muestreo	388709	15	25914	3.019	0.000359
	Error	1098836	128	8585		
Peso de Elote SH	Sitio de muestreo	218414	15	14561	3.071	0.000290
	Error	606812	128	4741		
Peso de hoja	Sitio de muestreo	35790.6	15	2386.0	2.5640	0.002242
	Error	119116.8	128	930.6		

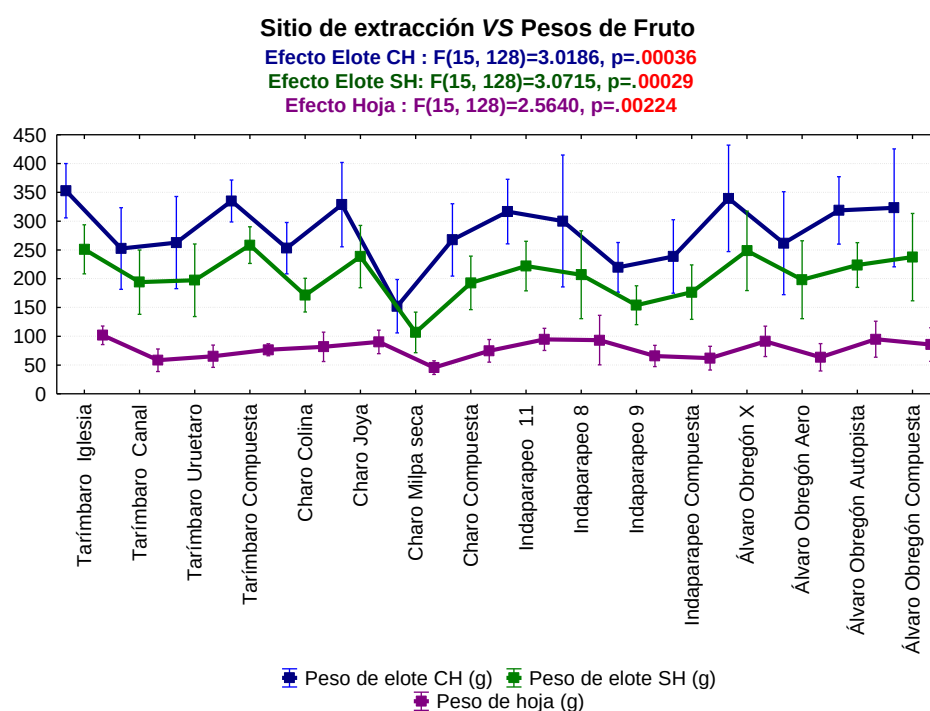


Figura 63. ANOVA del peso de los frutos del maíz y los sitios de extracción del suelo.

En la Figura 63 está el gráfico de los tres elementos del peso del fruto del maíz, en general se pueden ver gráficos similares lo cual es lógico ya que las variables están relacionadas entre sí, resalta en los tres gráficos un valor mínimo para

Charo milpa seca, ahora se procede a realizar una prueba Tukey para identificar los elementos que generan las diferencias identificadas.

La prueba Tukey para el elote CH revelo que el sitio Charo milpa seca es estadísticamente diferente a siete de los 15 sitios con los que se comparó. En el caso del elote SH revelo que el sitio Charo milpa seca es estadísticamente menor a siete de los 15 sitios con los que se comparó. Finalmente, en el caso del peso de la hoja la prueba indica que el sitio Charo milpa seca es estadísticamente menor a 2 de los 15 sitios con los que se le comparo.

- **ANOVA del peso del fruto del maíz por municipio.**

Cuadro 84 ANOVA del peso de los frutos del maíz por municipios.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso de Elote CH	Sitio de muestreo	84685	3	28228	2.817	0.041396
	Error	1402861	140	10020		
Peso de Elote SH	Sitio de muestreo	67933	3	22644	4.186	0.007149
	Error	757292	140	5409		
Peso de hoja	Sitio de muestreo	2327.5	3	775.8	0.7119	0.546467
	Error	152580.0	140	1089.9		

En el Cuadro 109 se puede ver que al analizar por municipio existen diferencias significativas para el elote CH y el elote SH, ya que los valores de p son inferiores a 0.05 y la F calculada es mayor a la F de tablas que en este caso toma un valor de 2.605, estos resultados se ven reflejados también en el gráfico de la Figura 64 donde se aprecia los tres gráficos y se puede apreciar un mínimo en el municipio de Charo.

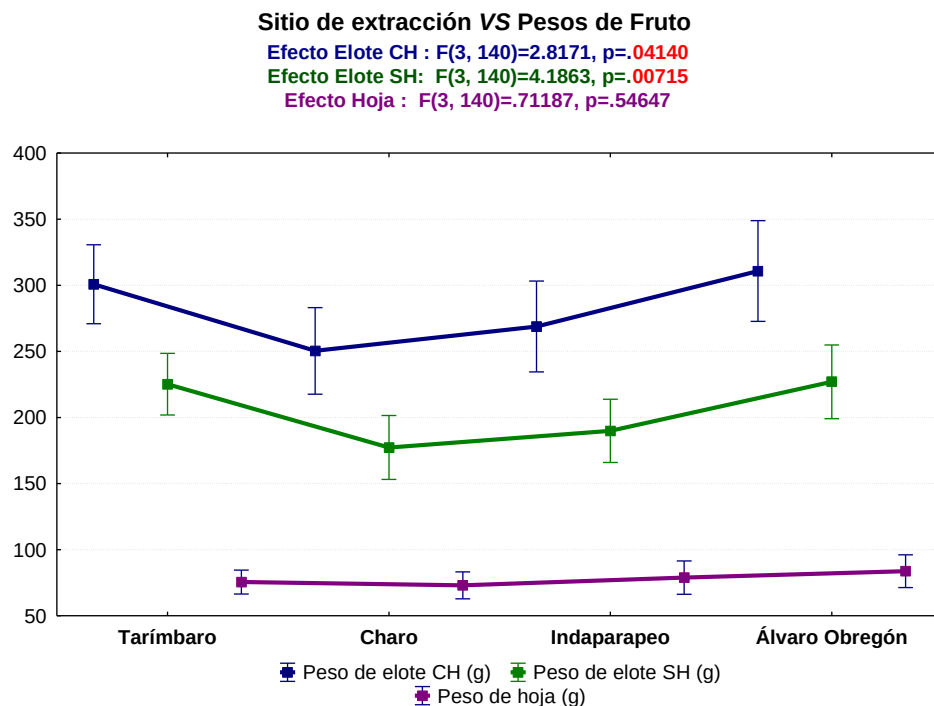


Figura 64. ANOVA del peso de los frutos del maíz por municipios.

Como se detectaron diferencias importantes se realiza la prueba Tukey la cual se ilustra en el Cuadro 110, en la prueba Tukey se identifica que en el caso del elote CH, existe una diferencia importante entre el municipio de Charo y Álvaro obregón, además en el caso del elote SH se aprecia que en el municipio de Charo el peso del elote es estadísticamente más bajo que en Tarímbaro y Álvaro Obregón.

Cuadro 85 TUKEY del peso de los frutos del maíz por municipios.

Variable	Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro Obregón
Elote CH	Tarímbaro		0.141674	0.528478	0.974429
Elote CH	Charo	0.141674		0.862519	0.051208
Elote CH	Indaparapeo	0.528478	0.862519		0.284055
Elote CH	Álvaro Obregón	0.974429	0.051208	0.284055	
Elote SH	Tarímbaro		0.029270	0.173981	0.999614
Elote SH	Charo	0.029270		0.887275	0.021670
Elote SH	Indaparapeo	0.173981	0.887275		0.140289
Elote SH	Álvaro Obregón	0.999614	0.021670	0.140289	

- ANOVA del peso del fruto del maíz para el municipio de Tarímbaro.

Al realizar el análisis de varianza al interior de los municipios, en Tarímbaro se observó que existía diferencia significativa en el elote CH y en el peso de la hoja tal y como se aprecia en el Cuadro 111 así como en el gráfico de la Figura 65.

Cuadro 86 ANOVA del peso de los frutos del maíz en Tarímbaro.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso Elote CH	Sitio de muestreo	69146	3	23049	3.6319	0.023139
	Error	203080	32	6346		
Peso de Hoja	Sitio de muestreo	9775.1	3	3258.4	6.8409	0.001086
	Error	15241.8	32	476.3		

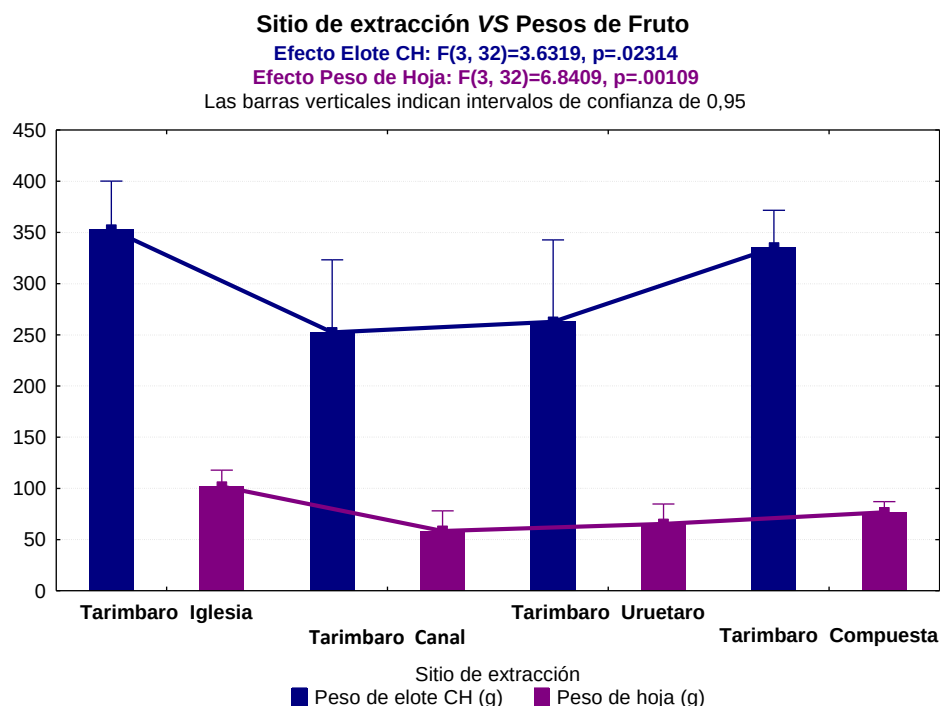


Figura 65. ANOVA del peso de los frutos del maíz en Tarímbaro.

Se aplicó una prueba Tukey para identificar puntualmente las diferencias identificadas en el análisis de varianza, dicha prueba se ilustra en el Cuadro 112, la prueba Tukey revela que en el caso del elote CH, la diferencia al interior de Tarímbaro es causada entre los sitios de Tarímbaro Iglesia y Tarímbaro Canal, donde el segundo es estadísticamente menor al primero. Para la variable de la

hoja del fruto la diferencia también la marca Tarímbaro iglesia al ser significativamente superior a Tarímbaro canal y Tarímbaro Uruetaro.

Cuadro 87 TUKEY del peso de los frutos del maíz en Tarímbaro.

Variable	Sitio de muestreo	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta
Elote CH	Tarímbaro Iglesia		0.054158	0.097033	0.964453
Elote CH	Tarímbaro Canal	0.054158		0.992883	0.144670
Elote CH	Tarímbaro Uruetaro	0.097033	0.992883		0.236462
Elote CH	Tarímbaro Compuesta	0.964453	0.144670	0.236462	
Hoja	Tarímbaro Iglesia		0.001176	0.006585	0.089645
Hoja	Tarímbaro Canal	0.001176		0.907837	0.305523
Hoja	Tarímbaro Uruetaro	0.006585	0.907837		0.691235
Hoja	Tarímbaro Compuesta	0.089645	0.305523	0.691235	

- **ANOVA del peso del fruto del maíz para el municipio de Charo**

Otro municipio que reporto diferencias importantes al interior fue el municipio de Charo ya que luego de aplicar el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas en el peso del elote CH, el elote SH y el peso de la hoja, tal y como se ilustra en el Cuadro 113.

Cuadro 88 ANOVA del peso de los frutos del maíz en Charo.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso Elote CH	Sitio de muestreo	144364	3	48121	8.4387	0.000283
	Error	182478	32	5702		
Peso Elote SH	Sitio de muestreo	80810	3	26937	8.8392	0.000206
	Error	97517	32	3047		
Peso de Hoja	Sitio de muestreo	10152.1	3	3384.0	5.0261	0.005748
	Error	21545.3	32	673.3		

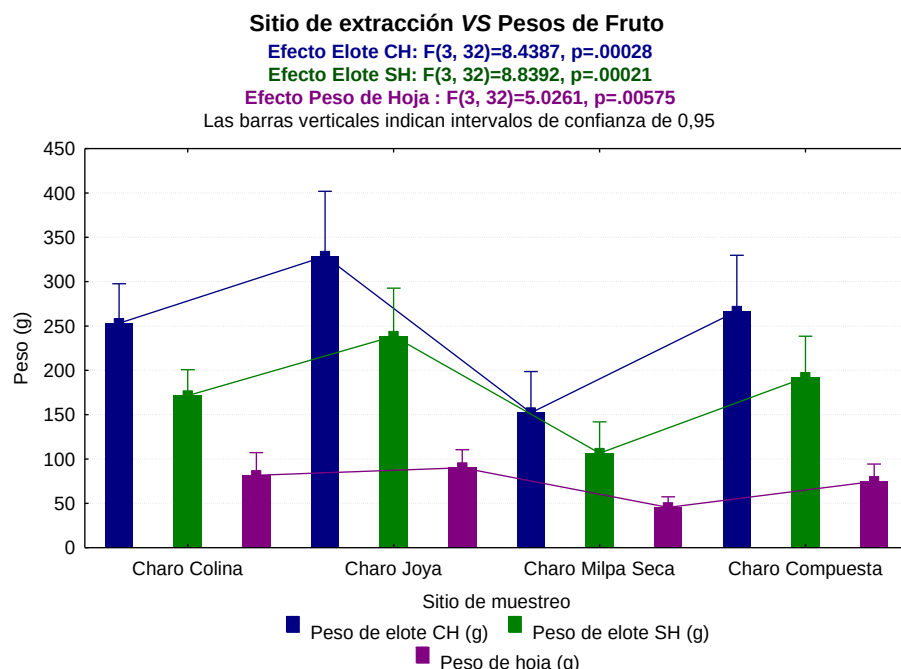


Figura 66. ANOVA del peso de los frutos del maíz en Charo

En la Figura 66 se aprecia los tres gráficos derivados del análisis de varianza al interior del municipio de Indaparapeo, se percibe que los gráficos son bastante similares pero en diferente proporción, se procede a aplicar una prueba Tukey para identificar los elementos que causan la diferencia detectada en el ANOVA.

Cuadro 89 TUKEY del peso de los frutos del maíz en Charo.

Variable	Sitio de muestreo	Charo Colina	Charo Joya 10	Charo milpa seca	Charo Compuesta
Elote CH	Charo Colina		0.167847	0.037692	0.980412
Elote CH	Charo Joya 10	0.167847		0.000275	0.321456
Elote CH	Charo X" milpa seca	0.037692	0.000275		0.014957
Elote CH	Charo Compuesta	0.980412	0.321456	0.014957	
Elote SH	Charo Colina		0.067456	0.080987	0.858004
Elote SH	Charo Joya 10	0.067456		0.000244	0.299713
Elote SH	Charo X" milpa seca	0.080987	0.000244		0.012812
Elote SH	Charo Compuesta	0.858004	0.299713	0.012812	
Hoja	Charo Colina		0.896603	0.028559	0.941925
Hoja	Charo Joya 10	0.896603		0.004964	0.591971
Hoja	Charo X" milpa seca	0.028559	0.004964		0.100016
Hoja	Charo Compuesta	0.941925	0.591971	0.100016	

La prueba Tukey del Cuadro 114 muestra que en caso del elote CH la diferencia estadística es causada por el sitio de Charo milpa seca al ser estadísticamente menor al resto de los sitios, en lo referente al elote sin hoja nuevamente el sitio milpa seca es estadísticamente menor a Charo joya y Charo compuesta, finalmente en lo referente a la hoja es también Charo milpa seca estadísticamente menor e Charo colina y Charo joya.

14.3.2.6 Porcentaje de grano y hoja.

Cuadro 90 ANOVA del porcentaje de grano y hoja del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1093.5	15	72.9	2.15	0.011520
Error	4314.8	127	34.0		

Al evaluar el porcentaje de grano y hoja de los frutos del maíz se encontró que existían diferencias significativas como puede apreciarse en el Cuadro 115, donde vemos que el valor p es bastante menor a 0.05, los datos de estas variables se presentan en la Figura 67 donde se observan 2 gráficos que claramente son opuestos entre sí, situación obvia ya que se trata de un porcentaje.

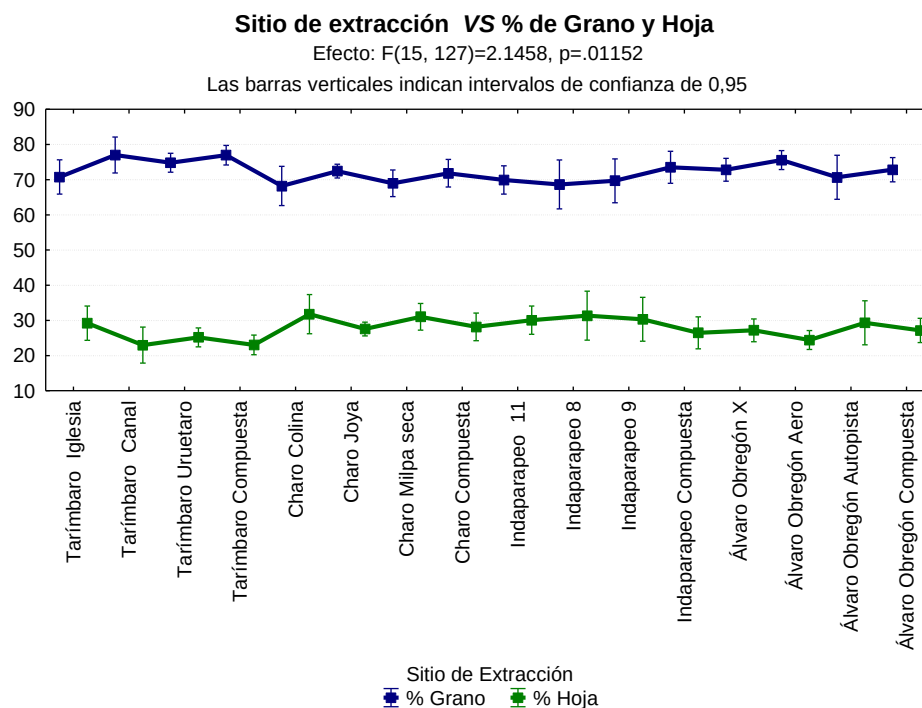


Figura 67. ANOVA del porcentaje de grano y hoja del maíz y los sitios de extracción del suelo.

Como se detectó diferencias significativas se realizó una prueba Tukey la cual no reveló diferencias específicas entre los sitios de extracción lo cual nos indica que la diferencia está dada por el conjunto de datos.

- **ANOVA del Porcentaje de grano y hoja por municipio**

Cuadro 91 ANOVA del porcentaje de grano y hoja del maíz por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	516.6	3	172.2	4.894	0.002897
Error	4891.7	139	35.2		

A nivel municipal también se detectó diferencia importante entre los valores de cada municipio, es posible corroborarlo al observar en conjunto el Cuadro 166 y el gráfico de la Figura 68, donde se aprecia que Tarímbaro observa mayor porcentaje de grano seguido de Álvaro obregón y valores muy similares de los otros dos municipios, además se aprecia lo opuesto en el gráfico de la hoja.

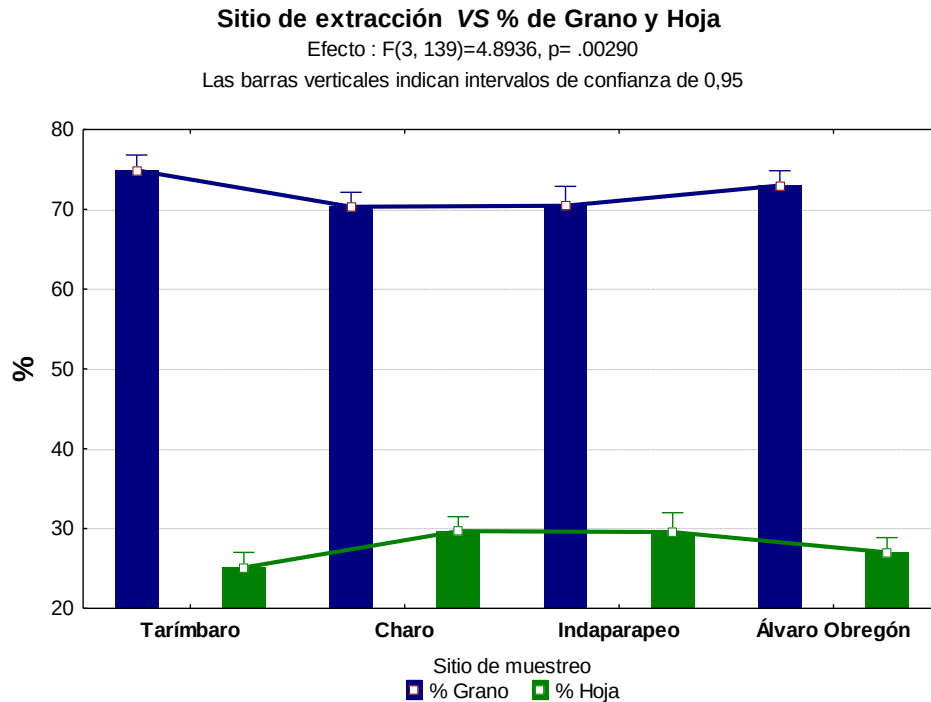


Figura 68. ANOVA del porcentaje de grano y hoja del maíz por municipio.

En la prueba Tukey del Cuadro 117, el porcentaje de grano y hoja se puede ver que Tarímbaro es estadísticamente superior a los municipios de Charo e Indaparapeo cuando nos referimos al porcentaje de grano, y como son gráficos opuesto este mismo Tukey sirve para decir que Tarímbaro es estadísticamente menor a los municipios de Charo e Indaparapeo si ahora se contempla al porcentaje de hoja.

Cuadro 92 TUKEY del porcentaje de grano y hoja del maíz por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.006507	0.008043	0.521675
Charo	0.006507		0.999775	0.233216
Indaparapeo	0.008043	0.999775		0.266146
Álvaro Obregón	0.521675	0.233216	0.266146	

14.3.3 Variables de respuesta del jitomate y los sitios de extracción.

Se continua el análisis con el cultivo del jitomate, en el caso de este cultivo ocurrió lo mismo que con la calabacita, el sustrato Charo Milpa seca no fue capaz de soportar el cultivo y las plántulas de jitomate murieron al poco tiempo del trasplante, además de este sustrato la mezcla compuesta de Charo tampoco fue capaz de soportar el cultivo, quizás por la presencia del sustrato de Charo Milpa seca, por lo que ambos sustratos se retiraron del análisis estadístico.

Cuadro 93 Variables de respuesta del cultivo de jitomate.

Jitomate	
• Altura de la planta	• Clorofila
• Numero de racimos	• Grosor de tallo
• Peso de los frutos	• No de hojas

14.3.3.1 Altura.

Cuadro 94 ANOVA de la altura del jitomate y loa sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	22615	13	1740	2.482	0.005199
Error	78502	112	701		

En el Cuadro 119, se presenta el análisis de varianza de la altura del jitomate y se puede identificar que existe una diferencia importante entre los datos ya que el valor de p es de 0.005199, el cual es mucho menor al valor critico de p que es de 0.05, en la Figura 69 se plasma el grafico que corresponde a los datos de la altura del jitomate a nivel general, es evidente que hay diferencias considerables en el gráfico y que ya se estableció son estadísticamente diferentes por lo tanto los datos se someterán a una prueba Tukey para identificar puntualmente que sitios generan la diferencia en cuestión.

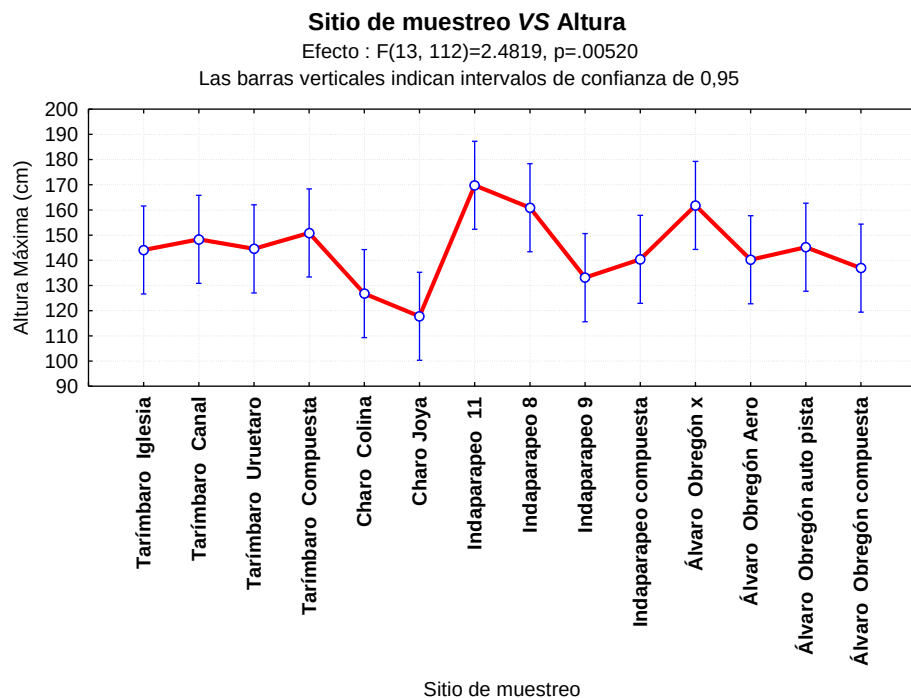


Figura 69. ANOVA de la altura del jitomate y loa sitios de extracción del suelo.

Se ejecutó el análisis Tukey con la altura del jitomate considerando todos los sitios el cual está presente en el Cuadro 120 y se detectó que el sitio llamado Indaparapeo 11 es estadísticamente diferente a Charo joya y Charo colina, adicionalmente se aprecia que Charo joya es estadísticamente diferente a Indaparapeo 8 y Álvaro Obregón X

Cuadro 95 TUKEY de la altura del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Sitio de muestreo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}
	144.11	148.33	144.56	150.89	126.78	117.78	169.78	160.89	133.11	140.38	161.78	140.25	145.22	136.89
Tarímbaro Iglesia		1.000000	1.000000	0.999999	0.981450	0.692926	0.728473	0.986015	0.999805	1.000000	0.978210	1.000000	1.000000	0.999999
Tarímbaro Canal	1.000000		1.000000	1.000000	0.901763	0.453118	0.905115	0.999185	0.994254	0.999995	0.998335	0.999994	1.000000	0.999700
Tarímbaro Uruetaro	1.000000	1.000000		1.000000	0.977038	0.668483	0.751289	0.988978	0.999700	1.000000	0.982442	1.000000	1.000000	0.999997
Tarímbaro Compuesta	0.999999	1.000000	1.000000		0.804551	0.320266	0.962467	0.999933	0.977038	0.999882	0.999826	0.999865	1.000000	0.997455
Charo Colina	0.981450	0.901763	0.977038	0.804551		0.999980	0.047731	0.274724	1.000000	0.998123	0.237807	0.998290	0.968942	0.999924
Charo Joya	0.692926	0.453118	0.668483	0.320266	0.999980		0.004670	0.046510	0.993848	0.866763	0.037739	0.871306	0.630986	0.958865
Indaparapeo 11	0.728473	0.905115	0.751289	0.962467	0.047731	0.004670		0.999983	0.177832	0.518368	0.999995	0.511205	0.783945	0.330931
Indaparapeo 8	0.986015	0.999185	0.988978	0.999933	0.274724	0.046510	0.999983		0.611966	0.930252	1.000000	0.927170	0.992465	0.809543
Indaparapeo 9	0.999805	0.994254	0.999700	0.977038	1.000000	0.993848	0.177832	0.611966		0.999998	0.560778	0.999999	0.999450	1.000000
Indaparapeo compuesta	1.000000	0.999995	1.000000	0.999882	0.998123	0.866763	0.518368	0.930252	0.999998		0.906350	1.000000	1.000000	1.000000
Álvaro Obregón x	0.978210	0.998335	0.982442	0.999826	0.237807	0.037739	0.999995	1.000000	0.560778	0.906350		0.902606	0.987564	0.767865
Álvaro Obregón Aero	1.000000	0.999994	1.000000	0.999865	0.998290	0.871306	0.511205	0.927170	0.999999	1.000000	0.902606		1.000000	1.000000
Álvaro Obregón auto pista	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.968942	0.630986	0.783945	0.992465	0.999450	1.000000	0.987564	1.000000		0.999992
Álvaro Obregón compuesta	0.999999	0.999700	0.999997	0.997455	0.999924	0.958865	0.330931	0.809543	1.000000	1.000000	0.767865	1.000000	0.999992	

- ANOVA de la altura del jitomate por municipios

Cuadro 96 ANOVA de la altura del jitomate por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	10729	3	3576	4.827	0.003281
Error	90387	122	741		

A nivel municipal persiste la diferencia significativa detectada en el parámetro de la altura, según los resultados del análisis de varianza que se plasma en el Cuadro 121 donde se ve un valor F calculado de 4.827 que resulta bastante mayor al F de tablas de 2.6 y que por tanto ratifica la diferencia estadística de este parámetro.

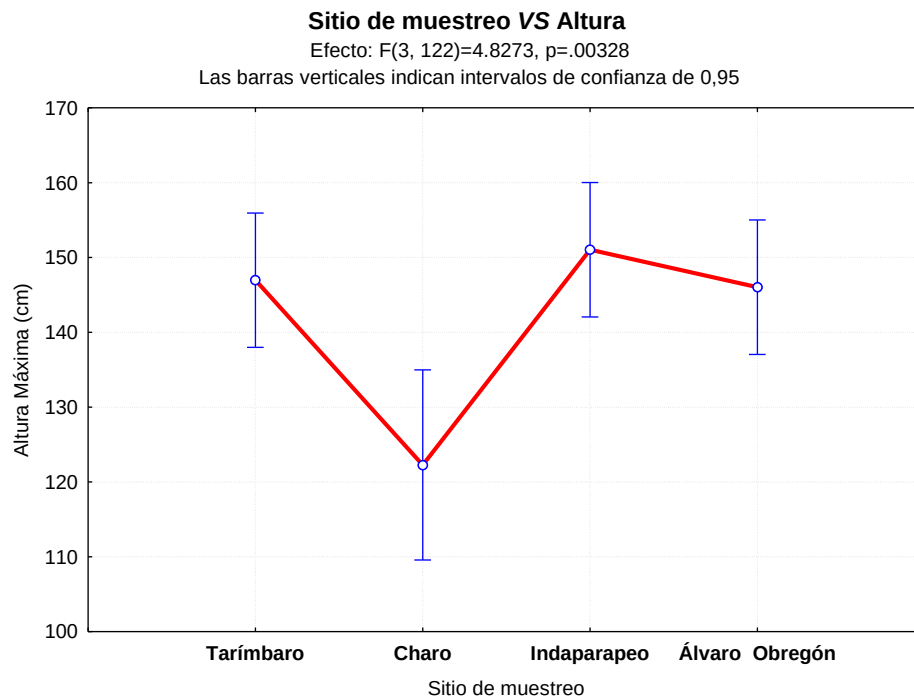


Figura 70. ANOVA de la altura del jitomate por municipio.

La Figura 70 ilustra el gráfico de la altura de la planta de jitomate y hay un desplome importante para el municipio de Charo, en este sentido se procede a realizar una prueba Tukey para comprobar si efectivamente es el municipio de Charo está causando la diferencia encontrada.

Cuadro 97 TUKEY de la altura del jitomate por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.009083	0.921172	0.998889
Charo	0.009083		0.001453	0.013339
Indaparapeo	0.921172	0.001453		0.863613
Álvaro Obregón	0.998889	0.013339	0.863613	

La prueba Tukey expuesta en el Cuadro 122 demuestra que el municipio de Charo es estadísticamente menor al resto de los municipios como se aprecia en la gráfica.

- **ANOVA de la altura del jitomate de Indaparapeo**

Al revisar al interior de cada municipio el primer sitio que aparece con diferencias significativa es Indaparapeo, esto se corrobora al observar el Cuadro 123 donde se muestran los resultados del análisis de varianza, ahí se puede ver que p tiene un valor de 0.001212 el cual es mucho menor a 0.05 e indica que existen diferencias estadísticamente importantes, también resulta evidente al observar el grafico de la Figura 71 en el cual la pronunciada pendiente sugiere diferencias muy marcadas.

Cuadro 98 ANOVA de la altura del jitomate en Indaparapeo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	7949.6	3	2649.9	6.716	0.001212
Error	12625.2	32	394.5		

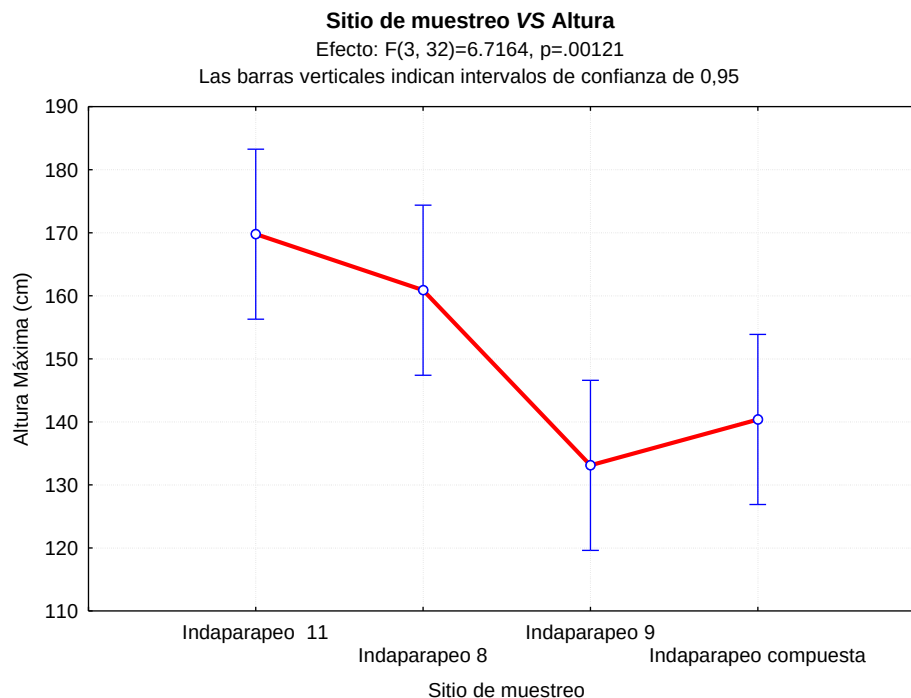


Figura 71. ANOVA de la altura del jitomate en Indaparapeo.

Al identificar la diferencia estadística se procede a realizar una prueba Tukey la cual está plasmada en el Cuadro 124, donde los resultados de la prueba indican que el sitio llamado Indaparapeo 9 es estadísticamente menor que a Indaparapeo 11 e Indaparapeo 8, además también existe diferencia significativa entre Indaparapeo 11 y la mezcla compuesta.

Cuadro 99 TUKEY de la altura del jitomate en Indaparapeo.

Sitio de muestreo	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo compuesta
Indaparapeo 11		0.778698	0.002492	0.018148
Indaparapeo 8	0.778698		0.027599	0.147585
Indaparapeo 9	0.002492	0.027599		0.864900
Indaparapeo compuesta	0.018148	0.147585	0.864900	

14.3.3.2 Grosor del tallo.

Cuadro 100 ANOVA del grosor del tallo del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	0.4404	13	0.0339	9.33	0.000000
Error	0.4069	112	0.0036		

Toca turno al grosor del tallo del jitomate, para revisar esta variable se midió el diámetro del tallo y los resultados se sometieron a un análisis de varianza, dicho análisis se puede observar en el Cuadro 125, aquí es evidente que existe una diferencia significativa entre los sitios evaluados ya que el valor p es igual con cero y conociendo que si dicho estadístico es menor a 0.05 se dice que los datos son estadísticamente diferentes, esta diferencia está de manifiesto en la Figura 72 donde se observan los múltiples picos y pendientes del gráfico.

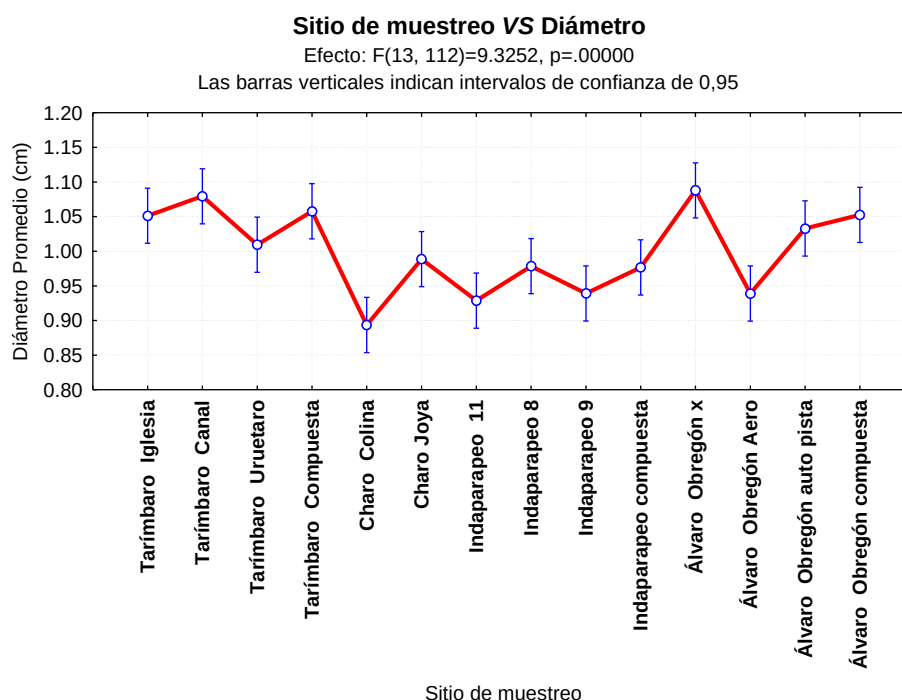


Figura 72. ANOVA del grosor del tallo del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Cuadro 101 TUKEY del grosor del tallo del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Sitio de muestreo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}
	1.0513	1.0794	1.0094	1.0578	89352	98870	92870	97852	93907	97667	1.0880	93896	1.0330	1.0526
Tarimbaro Iglesia		0.999317	0.969773	1.000000	0.000146	0.628235	0.002760	0.377173	0.009797	0.336232	0.990293	0.009664	0.999995	1.000000
Tarimbaro Canal	0.999317		0.442552	0.999962	0.000134	0.095370	0.000174	0.034876	0.000342	0.028604	1.000000	0.000338	0.932594	0.999586
Tarimbaro Uruetaro	0.969773	0.442552		0.911371	0.006293	0.999977	0.219911	0.998142	0.433607	0.996646	0.258654	0.430826	0.999903	0.961471
Tarimbaro Compuesta	1.000000	0.999962	0.911371		0.000138	0.465164	0.001224	0.245271	0.004494	0.213794	0.998554	0.004431	0.999824	1.000000
Charo Colina	0.000146	0.000134	0.006293	0.000138		0.062583	0.993379	0.157190	0.941773	0.182566	0.000134	0.942855	0.000373	0.000144
Charo Joya	0.628235	0.095370	0.999977	0.465164	0.062583		0.691799	1.000000	0.894171	1.000000	0.041506	0.892534	0.953092	0.595634
Indaparapeo 11	0.002760	0.000174	0.219911	0.001224	0.993379	0.691799		0.891548	1.000000	0.915926	0.000144	1.000000	0.024322	0.002330
Indaparapeo 8	0.377173	0.034876	0.998142	0.245271	0.157190	1.000000	0.891548		0.981523	1.000000	0.013560	0.981056	0.813369	0.348261
Indaparapeo 9	0.009797	0.000342	0.433607	0.004494	0.941773	0.894171	1.000000	0.981523		0.987851	0.000189	1.000000	0.070975	0.008402
Indaparapeo compuesta	0.336232	0.028604	0.996646	0.213794	0.182566	1.000000	0.915926	1.000000	0.987851		0.010927	0.987516	0.775730	0.309049
Álvaro Obregón x	0.990293	1.000000	0.258654	0.998554	0.000134	0.041506	0.000144	0.013560	0.000189	0.010927		0.000188	0.802424	0.993033
Álvaro Obregón Aero	0.009664	0.000338	0.430826	0.004431	0.942855	0.892534	1.000000	0.981056	1.000000	0.987516	0.000188		0.070189	0.008287
Álvaro Obregón auto pista	0.999995	0.932594	0.999903	0.999824	0.000373	0.953092	0.024322	0.813369	0.070975	0.775730	0.802424	0.070189		0.999988
Álvaro Obregón compuesta	1.000000	0.999586	0.961471	1.000000	0.000144	0.595634	0.002330	0.348261	0.008402	0.309049	0.993033	0.008287	0.999988	

Se realizó una prueba Tukey a los datos para identificar puntualmente que sitios están causando la diferencia encontrada, el Cuadro 126 muestra los resultados del análisis Tukey en donde se pueden ver marcados en color rojo los sitios que presenta diferencias estadísticas, como se puede observar encontramos múltiples diferencias, al igual que en cultivos anteriores el grosor de tallo se muestra mucho más sensible que el resto de las variables.

- **ANOVA del grosor del tallo del jitomate por municipios**

Cuadro 102 ANOVA del grosor del tallo del jitomate por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	0.2494	3	0.0831	16.97	0.000000
Error	0.5979	122	0.0049		

Al analizar por municipios la diferencia estadística se mantiene esto resulta bastante lógico luego de ver el Tukey anterior, en este caso el Cuadro 127, muestra que el valor de p es cero y al F calculada de 16.97 es sumamente elevada al compararla con la F de tablas de apenas 2.605.

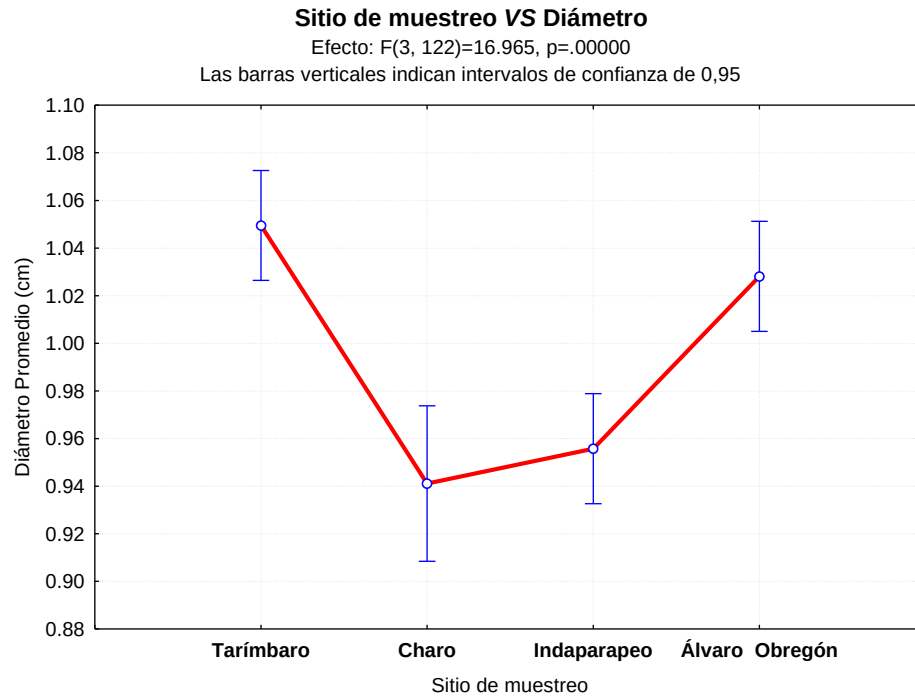


Figura 73. ANOVA del grosor del tallo del jitomate por municipio

La Figura 73 muestra el grafico del grosor del tallo por municipio en él se ve que Tarímbaro alcanzó el grosor de tallo más elevado seguido de Álvaro obregón y muy rezagados quedaron los municipios de Indaparapeo y en especial Charo.

Cuadro 103 TUKEY del grosor del tallo del jitomate por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.000008	0.000008	0.565972
Charo	0.000008		0.887584	0.000104
Indaparapeo	0.000008	0.887584		0.000074
Álvaro Obregón	0.565972	0.000104	0.000074	

En el Cuadro 128, están los resultados de la prueba Tukey donde se comprueba que los municipios de Charo e Indaparapeo presentan valores estadísticamente más bajos a sus similares de Tarímbaro y Álvaro obregón.

- ANOVA del grosor del tallo del jitomate de Charo

Cuadro 104 ANOVA del grosor del tallo del jitomate en Charo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	0.04077	1	0.04077	30.04	0.000050
Error	0.02171	16	0.00136		

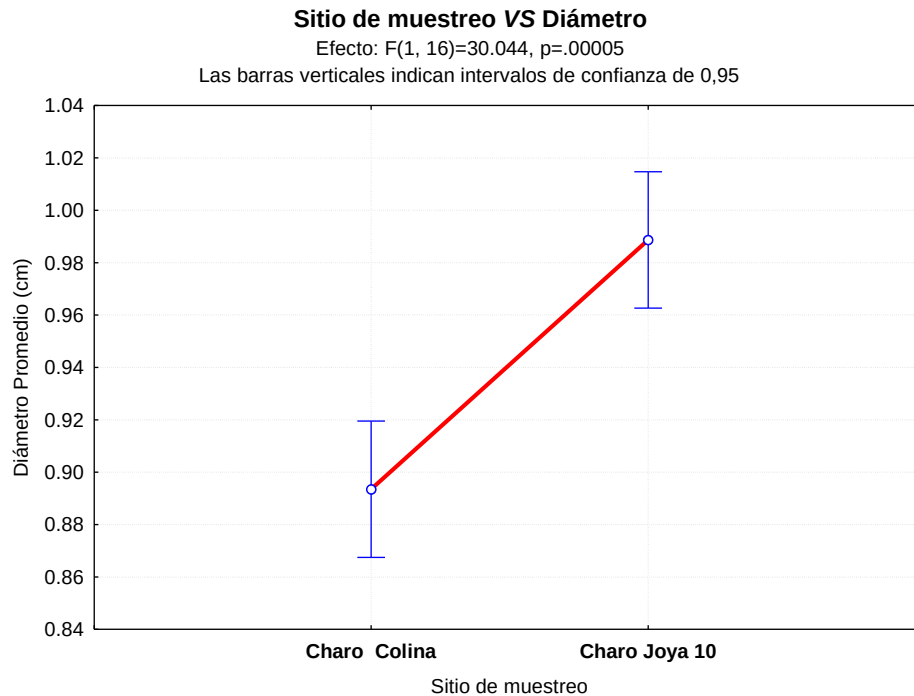


Figura 74. ANOVA del grosor del tallo del jitomate en Charo.

Al revisar el gráfico de la Figura 74 y el Cuadro 129, se observa que existe una diferencia significativa, la cual se puede identificar al revisar el valor p de 0.00005 el cual es menor al valor crítico de 0.05 y apoyándonos en el gráfico puede afirmarse que Charo joya es estadísticamente mayor al sitio Charo colina, en este caso no se requiere de una prueba Tukey debido a que son solo 2 sitios.

- ANOVA del grosor del tallo del jitomate de Álvaro Obregón

Al analizar los datos del municipio de Álvaro Obregón se exponen algunas diferencias significativas, mismas que se plasman en el Cuadro 130.

Cuadro 105 ANOVA del grosor del tallo del jitomate en Álvaro Obregón.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	0.09061	3	0.03020	8.73	0.000224
Error	0.11071	32	0.00346		

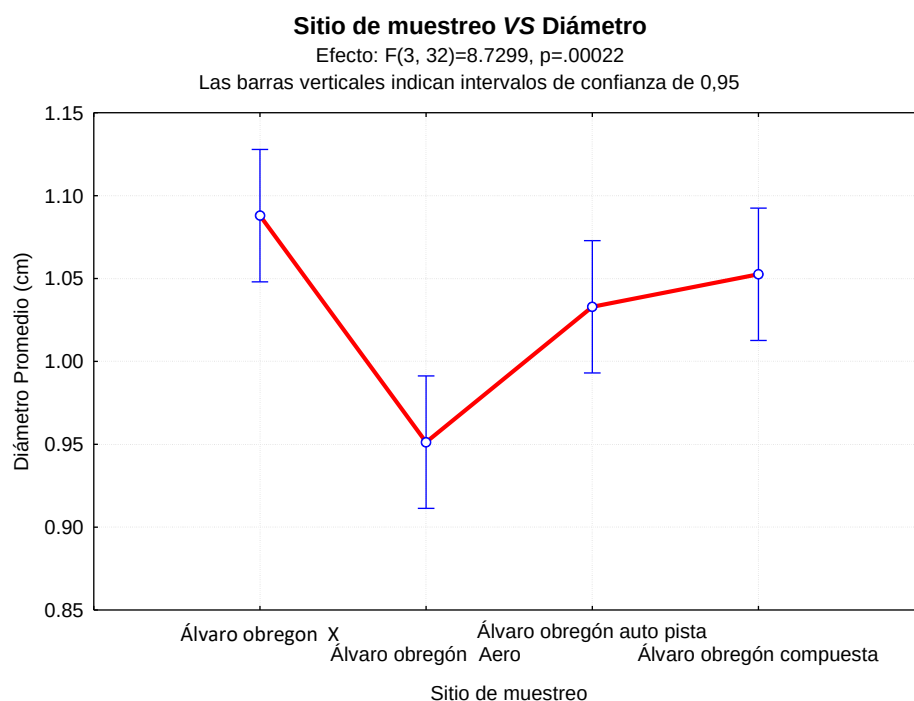


Figura 75. ANOVA del grosor del tallo del jitomate en Álvaro Obregón.

En la Figura 75 indica que los valores más altos los registró Álvaro Obregón X mientras que el sitio más bajo corresponde a Álvaro Obregón Aero, el siguiente paso es aplicar una prueba Tukey.

Cuadro 106 TUKEY del grosor del tallo del jitomate en Álvaro Obregón.

Sitio de muestreo	Álvaro Obregón X	Álvaro Obregón Aero	Álvaro Obregón auto pista	Álvaro Obregón compuesta
Álvaro Obregón X		0.000284	0.215363	0.584741
Álvaro Obregón Aero	0.000284		0.029027	0.004943
Álvaro Obregón auto pista	0.215363	0.029027		0.893279
Álvaro Obregón compuesta	0.584741	0.004943	0.893279	

El Cuadro 131, muestra los resultados de la prueba Tukey donde queda de manifiesto que el sitio causante de la diferencia al interior de Álvaro obregón es el denominado Álvaro Obregón Aero ya que es estadísticamente menor al resto de los sitios muestreados en el municipio.

14.3.3.3 Numero de hojas.

Cuadro 107 ANOVA del número de hojas del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	88.31	13	6.79	1.920	0.034927
Error	396.26	112	3.54		

El siguiente parámetro que se analizó fue el número de hojas mismo que presentó diferencia significativa tal y como se aprecia en el Cuadro 132, donde el valor p es mucho menor a 0.05, adicionalmente el grafico de la Figura 76 donde se plasman los valores máximos y mínimos que se registraron para esta variable.

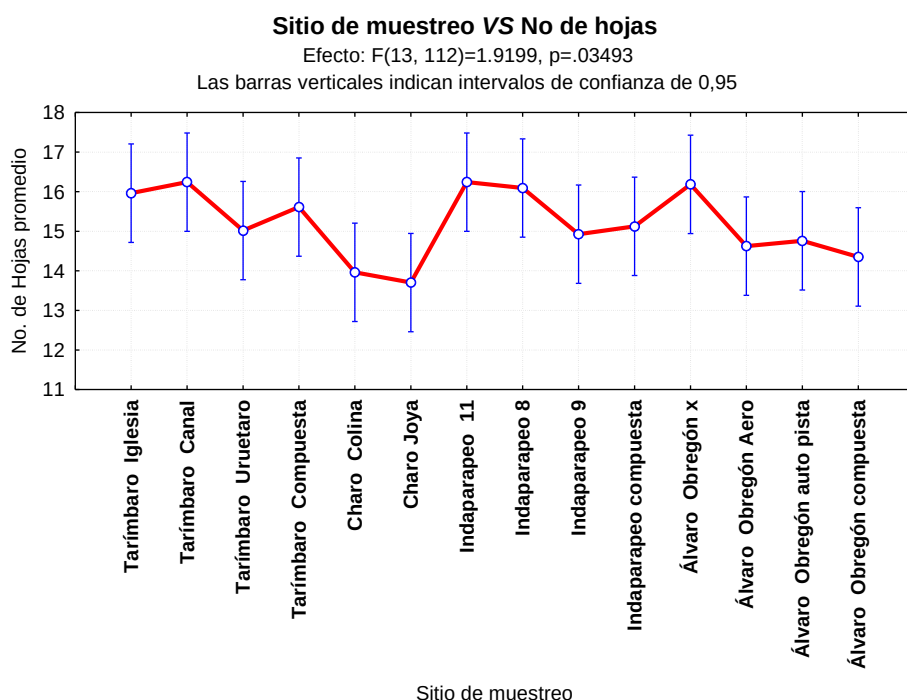


Figura 76. ANOVA del número de hojas del jitomate y los sitios de extracción del suelo

Se ejecutó como se ha venido haciendo la prueba Tukey sin embargo en este caso no mostro resultados puntuales.

- **ANOVA del número de hojas por municipio**

Cuadro 108 ANOVA del número de hojas del jitomate por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	50.31	3	16.77	4.711	0.003799
Error	434.26	122	3.56		

Al realizar el análisis de varianza al No. de hojas vemos que existe diferencia estadística entre los municipios tal y como se puede ver en el Cuadro 133, adicionalmente en el gráfico de la Figura 77, vemos que los municipios muestran datos relativamente estables a excepción del municipio de Charo que muestra una media mucho más baja al resto.

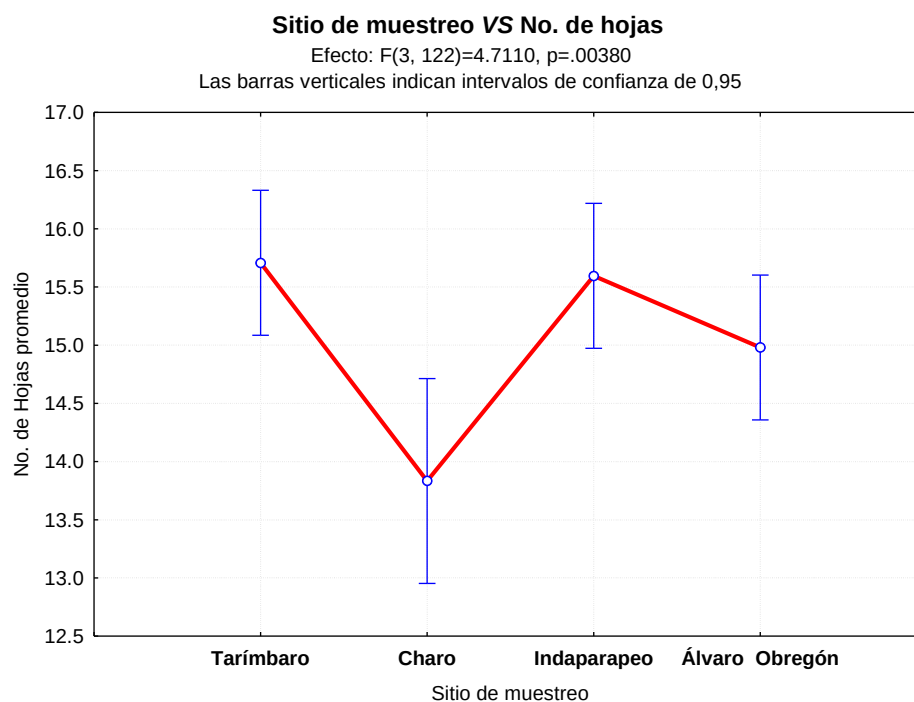


Figura 77. ANOVA del número de hojas del jitomate por municipio

Se procede a realizar la respectiva prueba Tukey para determinar con precisión donde están las diferencias detectadas exactamente.

Cuadro 109 TUKEY del número de hojas del jitomate por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.003240	0.994359	0.357680
Charo	0.003240		0.006646	0.151129
Indaparapeo	0.994359	0.006646		0.508984
Álvaro Obregón	0.357680	0.151129	0.508984	

La prueba Tukey del Cuadro 134 nos muestra que los valores de Charo son estadísticamente menores a los de Tarímbaro e Indaparapeo. Finalmente se realizaron los análisis de varianza al interior de cada municipio sin detectar ninguna diferencia estadística.

14.3.3.4 Número de racimos.

Cuadro 110 ANOVA del número de racimos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	57.059	13	4.389	2.643	0.002952
Error	185.972	112	1.660		

Ahora se presenta el análisis de varianzas para el no. de racimos del jitomate y se puede apreciar en el Cuadro 135 un valor p de 0.002952 y una F calculada de 2.643 ambos valores avalan que existe una diferencia significativa entre ellos, además en el gráfico de la Figura 78, se pueden observar picos y pendientes que evidencian la existencia de diferencias significativas, se procede a realizar una prueba Tukey.

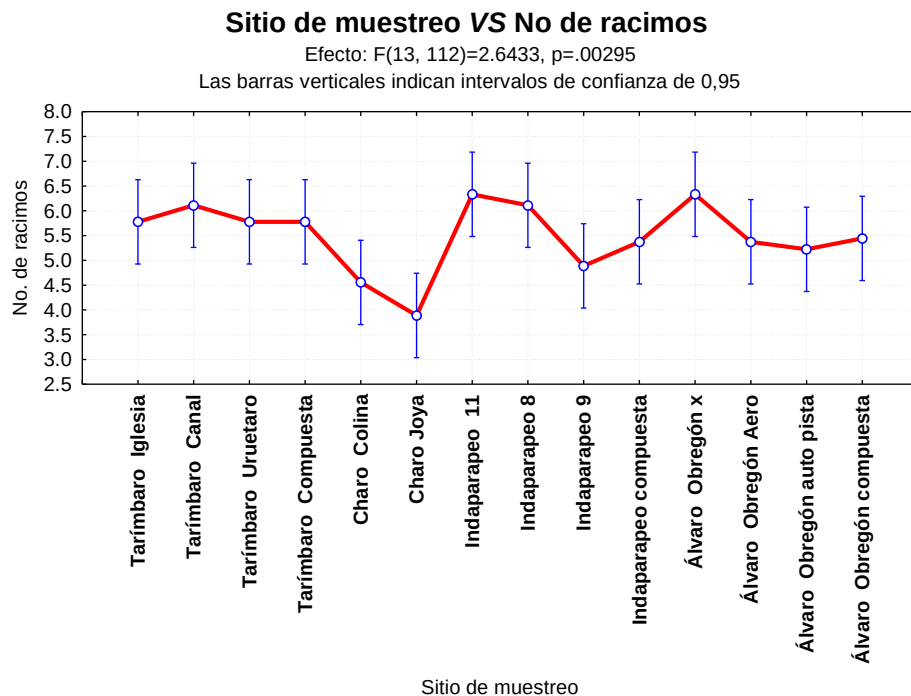


Figura 78. ANOVA del número de racimos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Luego de realizar la prueba Tukey es posible afirmar que Charo joya es estadísticamente menor a Indaparapeo 11, Indaparapeo 8 y Álvaro Obregón.

- **ANOVA para el número de racimos del jitomate por municipio.**

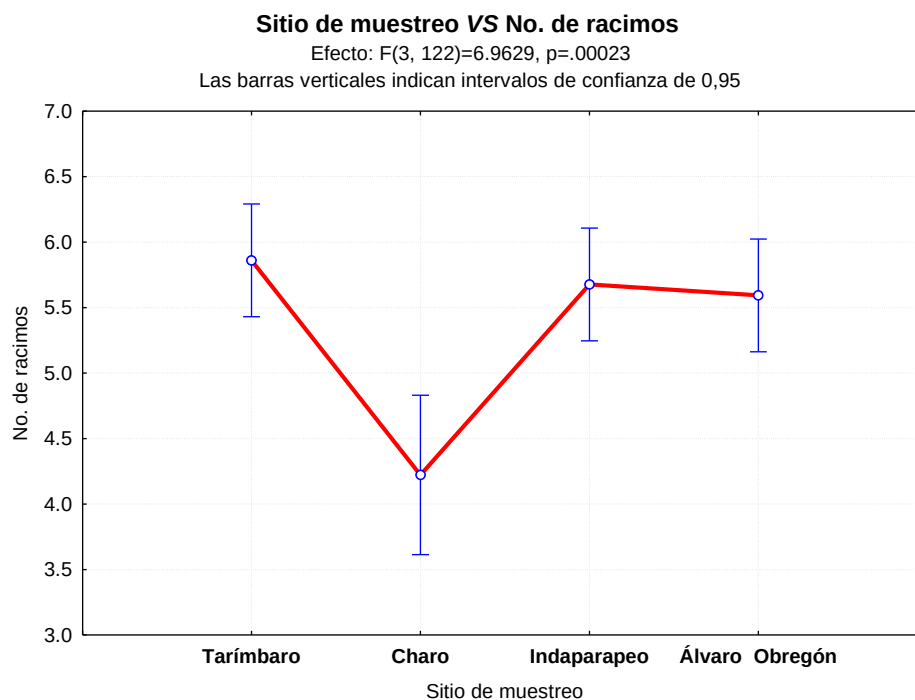


Figura 79. ANOVA del número de racimos del jitomate por municipio

Continuando el análisis de datos ahora con el ANOVA del número de racimos por municipio, donde el grafico de la Figura 79 muestra un valor p de .00023 lo cual establece que existe diferencia estadística, ante este hallazgo se procede a realizar un análisis Tukey.

Cuadro 111 TUKEY del número de racimos del jitomate por municipio.

Sitio de muestreo	Tarímbaro	Charo	Indaparapeo	Álvaro obregón
Tarímbaro		0.000085	0.932503	0.820501
Charo	0.000085		0.000664	0.001551
Indaparapeo	0.932503	0.000664		0.993040
Álvaro Obregón	0.820501	0.001551	0.993040	

El Cuadro 136, muestra los resultados de la prueba Tukey la cual demuestra que el municipio de Charo es estadísticamente menor al resto de municipios.

- **ANOVA para el número de racimos del jitomate de Indaparapeo**

Al interior de cada municipio, fue en Indaparapeo donde se encontraron diferencias importantes en cuanto al número de racimos, esta diferencia la podemos observar en el gráfico de Figura 80 donde podemos observar un valor p de 0.035 valor que indica que si existen diferencias significativas, una vez que se detectó que existen las diferencias se procede a aplicar una prueba Tukey.

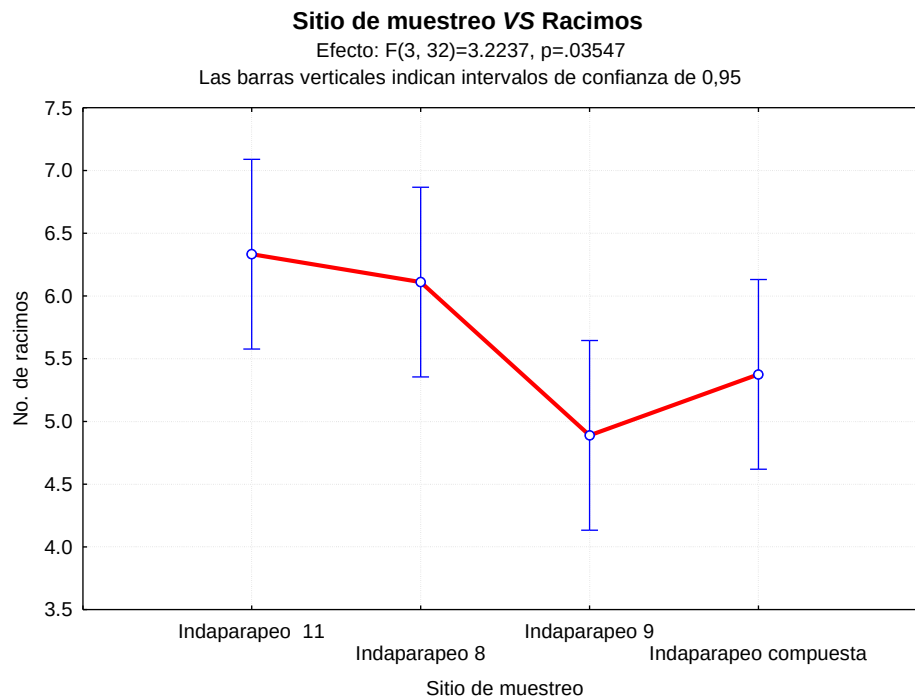


Figura 80. ANOVA para el número de racimos del jitomate de Indaparapeo

Cuadro 112 TUKEY del número de racimos del jitomate en Indaparapeo.

Sitio de muestreo	Indaparapeo 11	Indaparapeo 8	Indaparapeo 9	Indaparapeo compuesta
Indaparapeo 11		0.974102	0.045454	0.280109
Indaparapeo 8	0.974102		0.112618	0.506948
Indaparapeo 9	0.045454	0.112618		0.791070
Indaparapeo compuesta	0.280109	0.506948	0.791070	

El Cuadro 137, señala que Indaparapeo 9 es estadísticamente menor a Indaparapeo 11.

14.3.3.4 Clorofila.

Cuadro 113 ANOVA de la clorofila del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	327.3	13	25.2	1.22	0.277724
Error	2320.3	112	20.7		

En el caso de la variable de clorofila el análisis de varianza presente en el Cuadro 138, arrojo un valor p de 2.77 y una f calculada de 1.22 mientras que la F tablas es de 1.8, como ambos estadísticos demuestran que no existe diferencia estadística, en el gráfico de la Figura 81, se observa además un gráfico relativamente estable a excepción de algunos puntos que resaltan pero sin alcázar a ser estadísticamente diferentes.

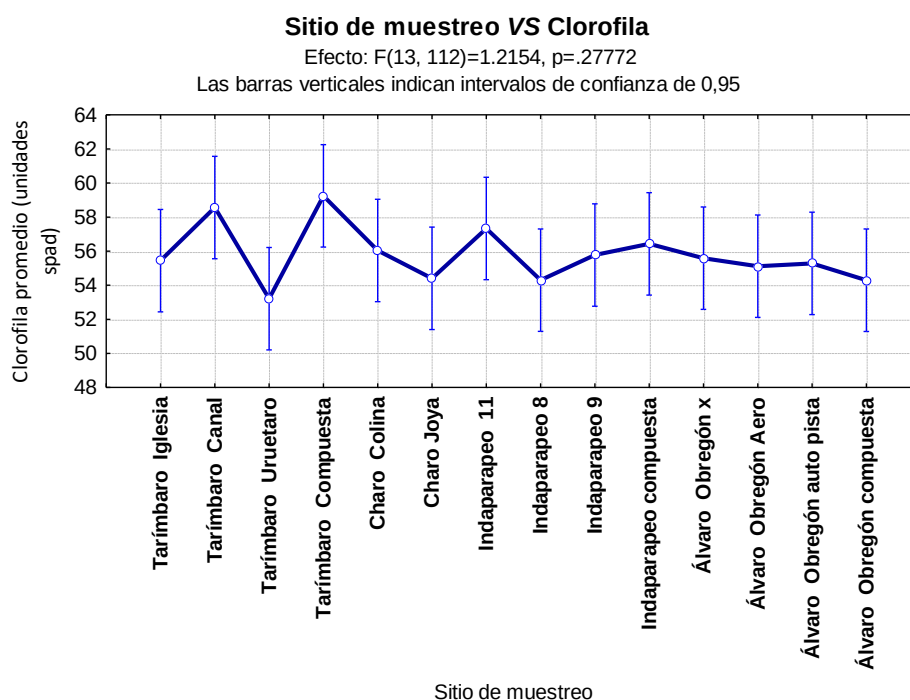


Figura 81. ANOVA de la clorofila del jitomate y loa sitios de extracción del suelo.

- ANOVA de la clorofila por municipio

Cuadro 114 ANOVA de la clorofila del jitomate por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	50.0	3	16.7	0.78	0.505668
Error	2597.6	122	21.3		

Al continuar con el análisis de varianza de la clorofila ahora analizando por municipio, vemos en el Cuadro 139, que sigue sin existir diferencia significativa, en el gráfico de la Figura 82, vemos que los valores más altos se dieron en Tarímbaro seguido de Indaparapeo, Charo y Álvaro Obregón pero sin ser resultados estadísticamente significativos.

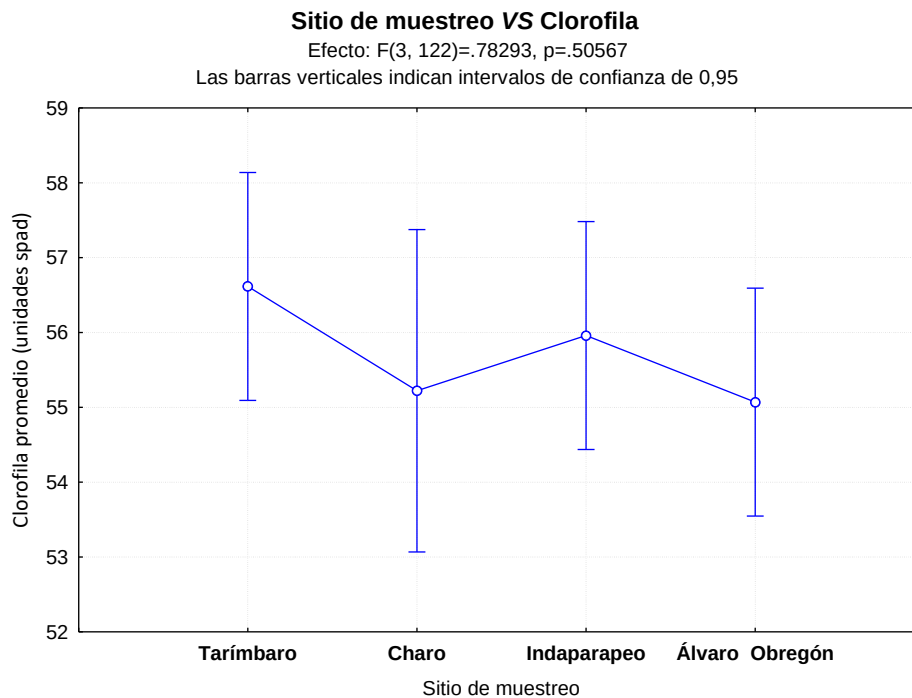


Figura 82. ANOVA de la clorofila del jitomate por municipio.

- ANOVA de la clorofila del municipio de Tarímbaro

Cuadro 115 ANOVA de la clorofila del jitomate en Tarímbaro.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	213.0	3	71.0	4.223	0.012665
Error	538.0	32	16.8		

Al interior del municipio de Tarímbaro se detectó una diferencia significativa misma que podemos corroborar en el Cuadro 140, donde se aprecia un valor p de 0.01266 y un valor F calculado de 4.2223 mientras que el valor f de tablas para este caso es de 2.901, adicionalmente en el gráfico de Figura 83, se observan pendientes pronunciadas y un desplome en el caso de Tarímbaro Uruetaro.

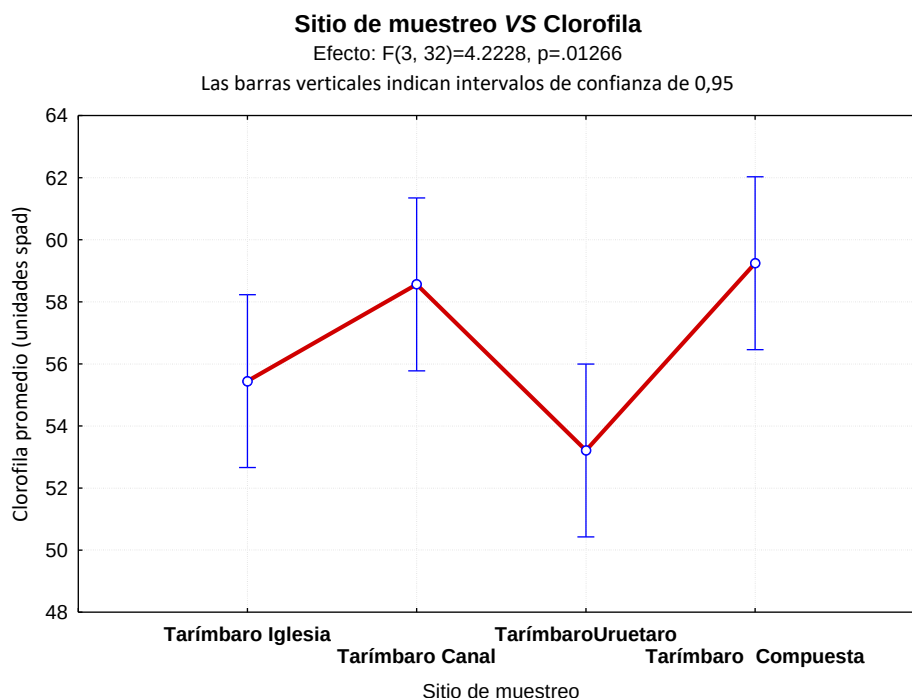


Figura 83. ANOVA de la clorofila del jitomate en Tarímbaro.

Al observar el grafico la lógica indica que la diferencia estadística encontrada será entre el valor máximo y mínimo del gráfico, pero para corroborar esto se recurre a un análisis Tukey.

Cuadro 116 TUKEY de la clorofila del jitomate en Tarímbaro.

Sitio de muestreo	Tarímbaro Iglesia	Tarímbaro Canal	Tarímbaro Uruetaro	Tarímbaro Compuesta
Tarímbaro Iglesia		0.386162	0.658710	0.221824
Tarímbaro Canal	0.386162		0.043887	0.984605
Tarímbaro Uruetaro	0.658710	0.043887		0.018977
Tarímbaro Compuesta	0.221824	0.984605	0.018977	

Luego de aplicar la prueba Tukey en el municipio de Tarímbaro comprobamos que efectivamente tal y como lo sugería el grafico existe una diferencia estadística importante entre Tarímbaro Uruetaro y Tarímbaro compuesta lo dicho podemos verificarlo en el Cuadro 141.

14.3.3.5 Peso de los frutos de jitomate.

Cuadro 117 ANOVA del Peso de los frutos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	1283645	13	98742	1.7739	0.055801
Error	6234411	112	55664		

En el caso del peso de los frutos de jitomate se realizó el análisis de varianza sin encontrar diferencia significativa como tal, sin embargo el valor p encontrado queda muy cerca del valor critico como se observa en el Cuadro 142, además en la Figura 84 el grafico sugiere al menos un par de puntos donde se pudiera dar una diferencia importante, por esta razón se aplicó una prueba Tukey a pesar de no tratarse de una diferencia significativa como tal.

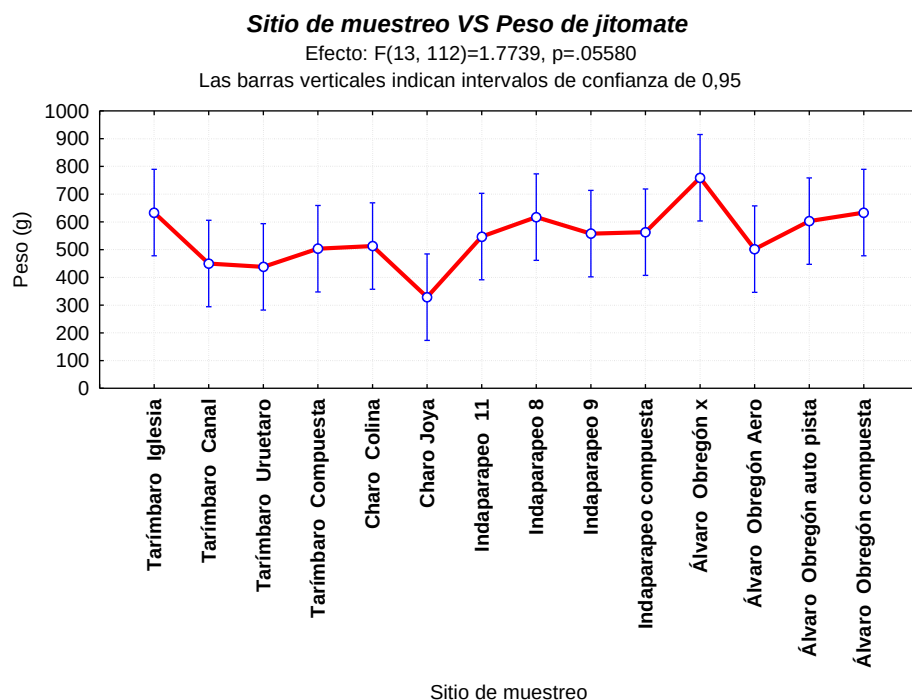


Figura 84. ANOVA del peso de los frutos del jitomate y los sitios de extracción del suelo.

El análisis Tukey detecto diferencias significativas entre Charo joya y Álvaro Obregón X.

- ANOVA para el peso de los frutos de jitomate por municipios

Cuadro 118 ANOVA del peso de los frutos del jitomate por municipio.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Sitio de muestreo	583887	3	194629	3.4243	0.019407
Error	6934168	122	56837		

Al aplicar el análisis de varianza al peso del jitomate, se puede apreciar en el Cuadro 143 y en el gráfico de la Figura 85, que la diferencia se agudiza de forma muy importante colocando al municipio de Álvaro Obregón como el de mejor rendimiento y en lado opuesto al de Charo como el menos favorecido.

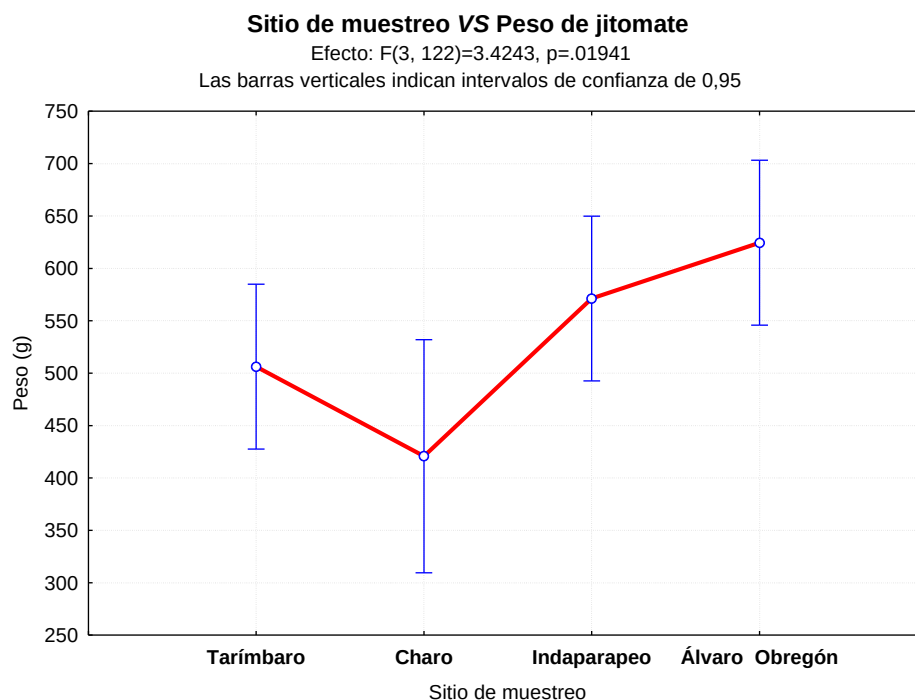


Figura 85. ANOVA del peso de los frutos del jitomate por municipio.

Se aplica una prueba Tukey para determinar con toda veracidad donde se están generando las diferencias encontradas en el ANOVA y dicha prueba confirma que existe diferencia significativa entre el municipio de Charo y Álvaro Obregón.

Anova para el peso de los frutos de jitomate del municipio de Álvaro obregón

- **ANOVA para el peso de los frutos de jitomate de Álvaro Obregón.**

Cuadro 119 ANOVA del peso de los frutos del Jitomate en Álvaro Obregón.

Efectos	SS	GL	MS	F	P
Sitio de muestreo	447395	3	149132	2.9567	0.047110
Error	1614038	32	50439		

Al analizar cada municipio en lo referente a esta variable se encontró diferencia estadística para el municipio de Álvaro Obregón, esta diferencia se puede observar en el Cuadro 144, y en el gráfico de la Figura 86, donde los valores de F y p rebasan los valores críticos.

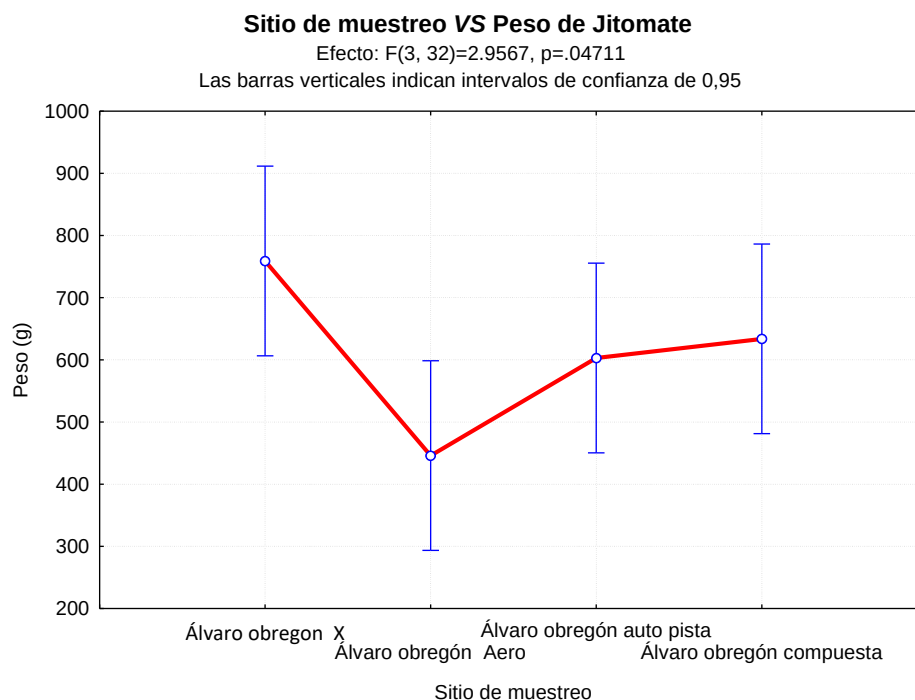


Figura 86. ANOVA del Peso de los frutos del jitomate en Álvaro Obregón.

Cuadro 120 TUKEY del peso de los frutos del jitomate en Álvaro Obregón.

Sitio de muestreo	Álvaro Obregón X	Álvaro Obregón Aero	Álvaro Obregón autopista	Álvaro Obregón compuesta
Álvaro Obregón X		0.028274	0.464847	0.641952
Álvaro Obregón Aero	0.028274		0.459317	0.304356
Álvaro Obregón auto pista	0.464847	0.459317		0.991347
Álvaro Obregón compuesta	0.641952	0.304356	0.991347	

En el Cuadro 145, se muestran los resultados de la prueba Tukey y se puede afirmar que Álvaro Obregón X es estadísticamente más alto que Álvaro Obregón Aeropuerto.

14.4 Indicadores de calidad del suelo y variables de respuesta

Luego de identificar que variables de respuesta fueron impactadas por los diferentes sustratos se procede a identificar que propiedades del suelo fueron las que más influyeron en los resultados de cada una de las variables de respuesta, para ello fue necesario segmentar los resultados de laboratorio con la finalidad de establecer 2 o 3 nivel según el parámetro para poder evaluar así, que propiedades del suelo son las que más inciden en el desarrollo de los cultivos estudiados.

Recordamos las variables de respuesta y las propiedades físicas y químicas, así como los resultados de los análisis del suelo, pero con la segmentación previamente mencionada.

Cuadro 121 Indicadores de calidad del suelo.

Propiedades físicas y químicas

Potencial de hidrogeno (pH)	Densidad Real (DR)	Magnesio (Mg)
Conductividad eléctrica (CE)	Densidad aparente (DAP)	Potasio (K)
Materia Orgánica (MO)	Textura	Sodio (Na)
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Espacios porosos (EP)	Nitrógeno (N)
Saturación de bases (SB)	Calcio (Ca)	Fosforo (P)

Cuadro 122 Variables de respuesta de los cultivos.

Variables evaluadas por cultivo

Calabacita	Jitomate	Maíz
Altura de planta	Altura de la planta	Altura de la planta
Numero de hojas	Numero de racimos	Grosor de tallo
Peso de frutos	Peso de los frutos	Peso del elote CH
Clorofila	Clorofila	Peso del elote SH
Grados brix	Grosor de tallo	Clorofila

Cuadro 123 Resultados de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del suelo por nivel.

Propiedades	pH	CE	MO	Ca	MG	Na	k	CIC	Textura	SB	EP	N	P
Rango	6.6-7.6 medio	bajo<.9 alto >.9	baja<1.85 Alta>1.85	bajo<1600 alto >1600	bajo<1400 alto >1400	bajo<12 alto >12	bajo<600 alto >600	Alto >42 bajo<42	Alto >50 bajo <50	alto >50 bajo <50	alto >28 bajo <28	alto >47 bajo <47	alto >75 bajo <75
Sitio /Unidades de medida	AD	dSm ⁻¹	%	ppm	ppm	ppm	ppm	cmol _c kg ⁻¹	% Arcillas	%	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Tarímbaro Iglesia	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Tarímbaro Canal	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Tarímbaro Uruetaro	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Tarímbaro Compuesta	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Charo Colina	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo
Charo Joya	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto
Charo Milpa seca	Alto	Bajo	Baja	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Charo Compuesta	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo
Indaparapeo 11	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Indaparapeo 8	Medio	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Indaparapeo 9	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto
Indaparapeo Compuesta	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto
Álvaro Obregón X	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Álvaro Obregón Aeropuerto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Álvaro Obregón Autopista	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Álvaro Obregón Compuesta	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto

14.4.1 Indicadores de calidad y variables de la calabacita

Con el objetivo de lograr identificar cuales variables influyen fuertemente en el desarrollo de la calabacita se realizó un análisis de varianza de cada uno de las propiedades del suelo y se comparó con cada una de las variables de respuesta, de esta manera se podrá identificar las propiedades que causan más impacto en el desarrollo de este cultivo.

14.4.1.1 pH.

Al realizar el ANOVA para el pH se pudieron detectar dos variables que fueron fuertemente impactadas por el pH.

Cuadro 124 ANOVA del pH de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Número de hojas	pH	28.55	2	14.28	4.507	0.012779
	Error	418.11	132	3.17		
Grosor del tallo	pH	0.2006	2	0.1003	8.15	0.000458
	Error	1.6236	132	0.0123		

El Cuadro 149, se muestra el ANOVA del número de hojas y del grosor del tallo, en este caso el valor F de tablas corresponde a 3 y podemos observar que ambas F son superiores a dicho valor, además es muy notorio que los valores de p son inferiores a 0.05

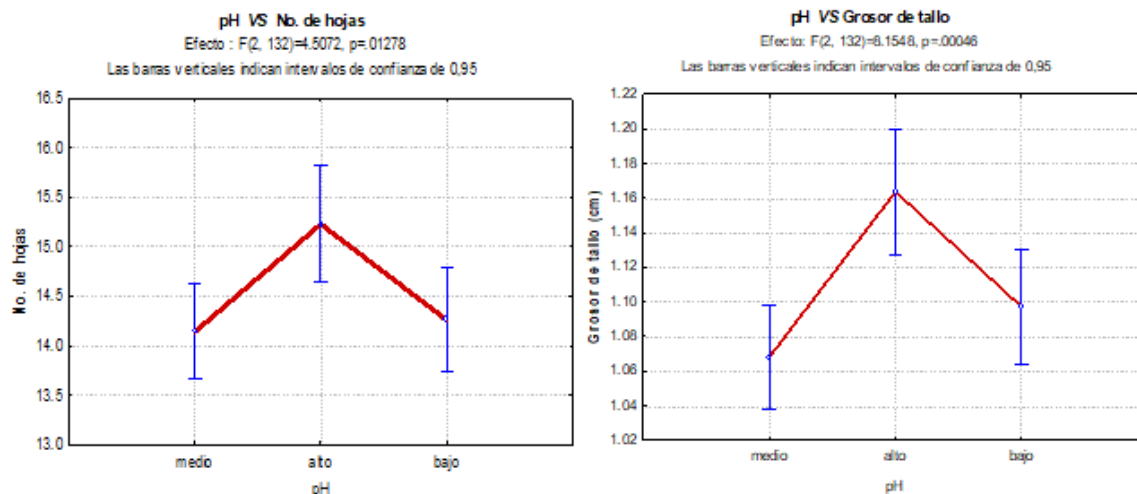


Figura 87. ANOVA del pH de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.

En la Figura 87, se pueden observar los 2 gráficos que resultaron ser estadísticamente significativos con la propiedad del pH, en este caso fueron afectadas, el número de hojas y el grosor del tallo, como se puede observar en los gráficos ambas variables de respuesta alcanzaron resultados más altos en el nivel alto del pH el cual se ubicó arriba de 7.6 , además es evidente los resultados más bajos los experimento en el nivel medio del ph, ahora se procede a realizar una prueba Tukey.

Cuadro 125 TUKEY del pH de la calabacita y las variables de respuesta.

Efectos	Nivel	Medio	Alto	Bajo
No de hojas	Medio		0.012595	0.943173
	Alto	0.012595		0.039272
	Bajo	0.943173	0.039272	
Grosor de tallo	Medio		0.000194	0.395094
	Alto	0.000194		0.019700
	Bajo	0.395094	0.019700	

En el Cuadro 150, se puede apreciar que en ambos casos el nivel alto de pH arrojó resultados estadísticamente más elevados.

14.4.1.2 Conductividad eléctrica (CE).

La conductividad eléctrica también influyo de forma estadísticamente significativa en dos variables de respuesta de la calabacita estas son la altura al cogollo y el grosor del tallo, podemos observar en el Cuadro 151, que los valore de F calculado son superiores a 3 .84 que en este caso sería el valor de la f tabulada considerando 1 grado de libertad en el numerador y 133 grados de libertad en el denominador y desde luego un 95 por ciento de confianza, por lo cual es posible afirmar que existe diferencia significativa para ambos, máxime que los valores p son inferiores a 0.05.

Cuadro 126 ANOVA de la CE de la calabacita, la altura a cogollo y el grosor del tallo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P	Efectos
Altura a cogollo	CE	57.13	1	57.13	8.751	0.003664
	Error	868.30	133	6.53		
Grosor del tallo	CE	0.2986	1	0.2986	26.03	0.000001
	Error	1.5256	133	0.0115		

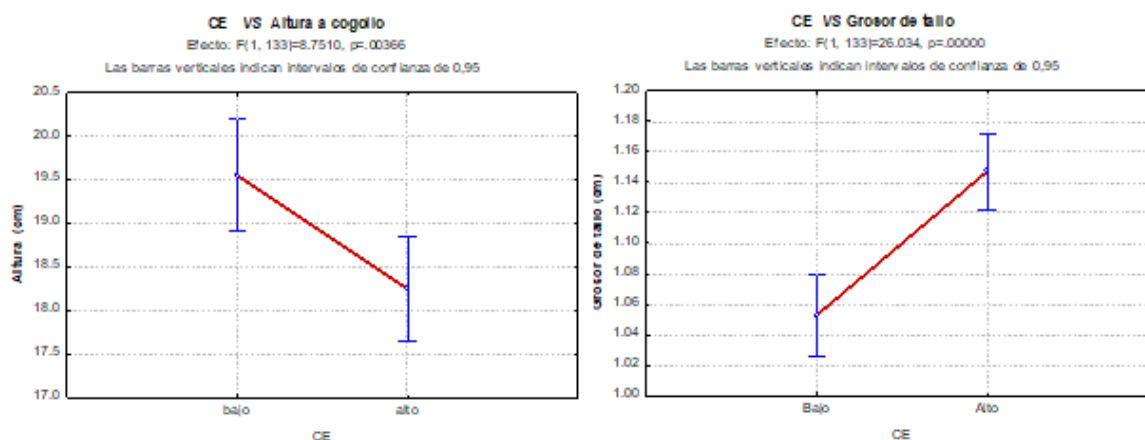


Figura 88. ANOVA de la CE de la calabacita, la altura a cogollo y el grosor del tallo.

Al observar los gráficos de la Figura 88, es posible darse cuenta que la altura al cogollo fue más alta cuando se presentaron niveles bajos de conductividad eléctrica, mientras que el grosor de tallo prefirió niveles más elevados de CE.

14.4.1.3 Potasio (K)

Los niveles de potasio también causaron variación importante en las variables de la calabacita, concretamente en el número de hojas y grosor de tallo, se observaron diferencias significativas, lo dicho se puede observar en el Cuadro 152, donde claramente se aprecian valores p inferiores a 0.05 y valores F superiores 3.84 que es el valor crítico para estas condiciones.

Cuadro 127 ANOVA del K de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Número de hojas	Sitio de muestreo	13.15	1	13.15	4.034	0.046621
	Error	433.52	133	3.26		
Grosor del tallo	Sitio de muestreo	0.0856	1	0.0856	6.55	0.011627
	Error	1.7386	133	0.0131		

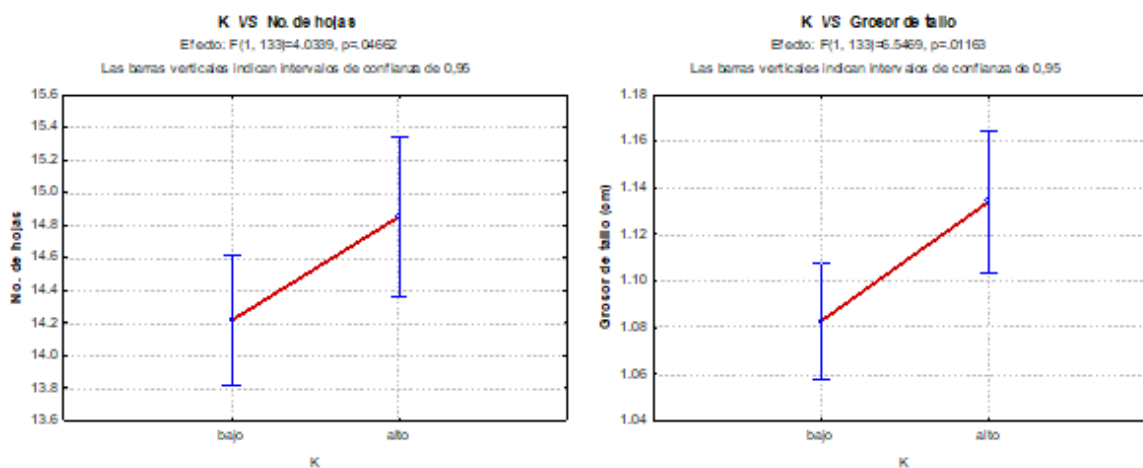


Figura 89. ANOVA del K de la calabacita, el número de hojas y el grosor del tallo.

En la Figura 89 se aprecia que los suelos con niveles más elevados de potasio favorecieron el aumento del número de hojas y un tallo más robusto para el cultivo de calabacita.

14.4.1.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Otra propiedad del suelo que se hizo presente en el grosor del tallo fue la capacidad de intercambio catiónico ya que como se observa en el Cuadro 153, existe diferencia significativa cuando el valor de la CIC se mueve.

Cuadro 128 ANOVA de la CIC de la calabacita y el grosor del tallo.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Grosor del tallo	0.1172	1	0.1172	9.13	0.003015
Error	1.7070	133	0.0128		

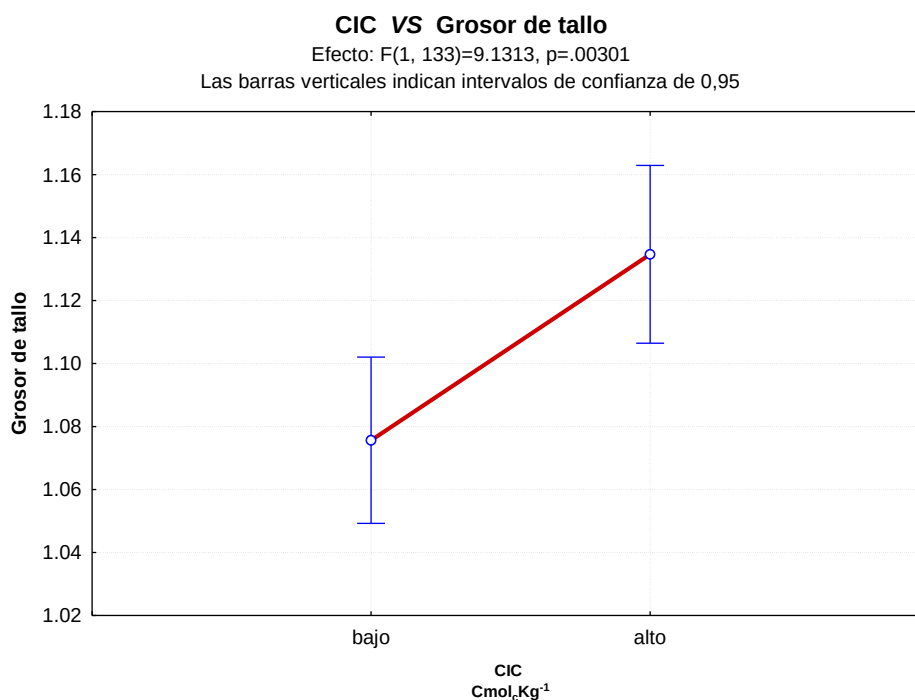


Figura 90. ANOVA de la CIC de la calabacita y el grosor del tallo.

En el gráfico de la Figura 90, se ilustra que el tallo de la calabacita se desarrolló un poco más cuando la capacidad de intercambio catiónico fue más alta.

14.4.1.5 Arcilla.

El porcentaje de arcilla se utilizó para ver el efecto de la textura del suelo, se eligió este parámetro ya que se detectó como el componente dominante de todos los sustratos utilizados, y luego del análisis de varianza se detectó que si existieron diferencias significativas cuando los niveles de arcilla variaron, esta afirmación se corrobora en el Cuadro 154, donde se plasman los valores críticos del análisis de varianza.

Cuadro 129 ANOVA de la arcilla de la calabacita y las variables de respuesta.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura a cogollo	Arcilla	53.79	1	53.79	8.208	0.004849
	Error	871.64	133	6.55		
Grosor del tallo	Arcilla	0.0988	1	0.0988	7.61	0.006615
	Error	1.7255	133	0.0130		

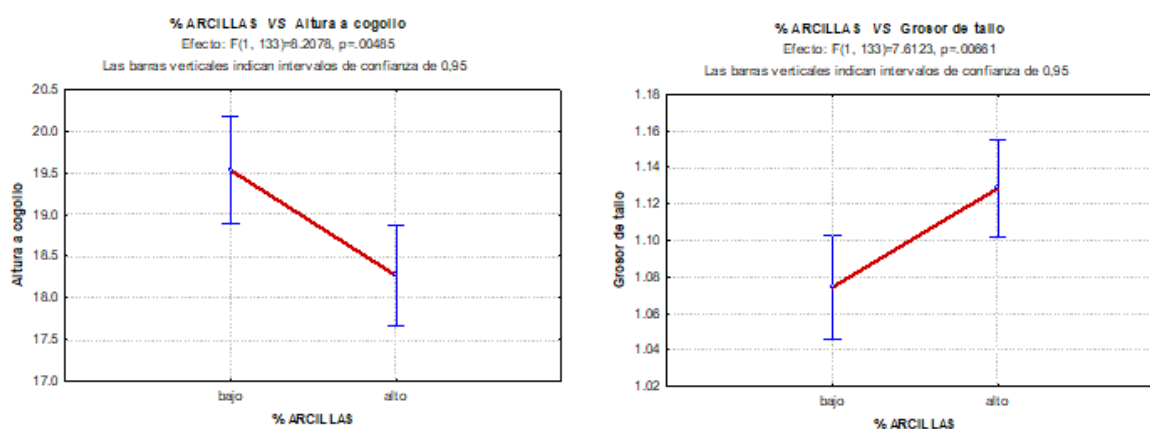


Figura 91. ANOVA de la arcilla de la calabacita, la altura a cogollo y el grosor del tallo.

En la Figura 91 se puede observar que la altura al cogollo fue más elevada cuando el suelo presento niveles más bajos de arcillas, por el contrario, en el caso del grosor de tallo se observaron valores más altos cuando el porcentaje de arcilla fue más elevado.

14.4.1.6 Saturación de bases (SB).

Los datos recabados de la altura al cogollo se mostraron sensibles al porcentaje de saturación de bases, ya que existen diferencias importantes como se plasma en el Cuadro 155, donde el valor de F calculado de 5.71 es mayor al F de tablas de 3.84 y además el valor p es mucho menor a 0.05 lo cual indica que existe diferencia estadística entre las variables en cuestión.

Cuadro 130 ANOVA de la SB de la calabacita y la altura al cogollo.

Efectos	Efectos	SC	GL	MC	F
SB	38.16	1	38.16	5.719	0.018179
Error	887.27	133	6.67		

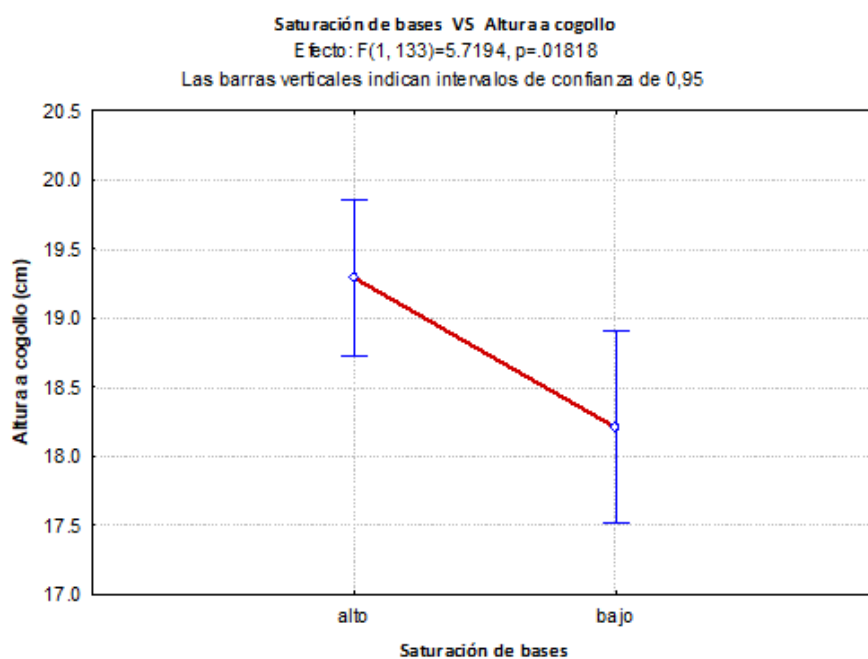


Figura 92. ANOVA de la SB de la calabacita y la altura al cogollo.

En el gráfico de la Figura 92, se indica que cuando el porcentaje de saturación de bases de los suelos fue mayor la altura del cogollo también aumento.

14.4.1.7 Espacio porosos (EP).

El espacio poroso influyo en las 2 alturas que se midieron a la calabacita, en el Cuadro 156, se puede observar los valores de F y p que arrojo el análisis de varianza, estos valores avalan que existen diferencias significativa en la altura cuando el porcentaje de espacio poroso aumenta o disminuye.

Cuadro 131 ANOVA del EP de la calabacita y la altura a hoja y al cogollo.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura a hoja	Sitio de muestreo	537.6	1	537.6	10.663	0.001390
	Error	6705.8	133	50.4		
Altura a cogollo	Sitio de muestreo	45.61	1	45.61	6.894	0.009661
	Error	879.82	133	6.62		

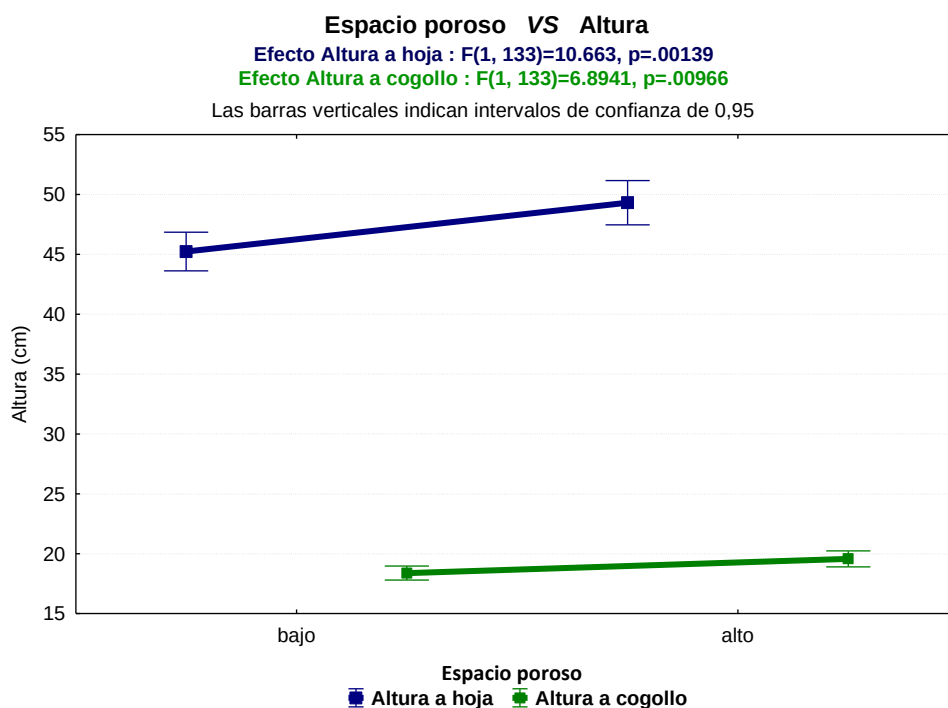


Figura 93. ANOVA del EP de la calabacita y la altura a hoja y al cogollo.

En el gráfico de la Figura 93, se observa que cuando el espacio poroso alcanzo porcentajes más altos la altura de las plantas fue estadísticamente mayor.

14.4.1.8 Fosforo (P).

En el caso del fosforo se registraron varias diferencias significativas relacionadas a la cantidad de este elemento y las variables de respuesta, en el Cuadro157, es claro que la cantidad de fosforo influyo de forma significativa en el crecimiento de la planta, concretamente en la altura de esta.

Cuadro 132 ANOVA del P de la calabacita y altura a cogollo y hoja.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura a hoja	214.8	1	214.8	4.065	0.045792
Error	7028.6	133	52.8		
Altura acogollo	41.44	1	41.44	6.234	0.013751
Error	883.99	133	6.65		

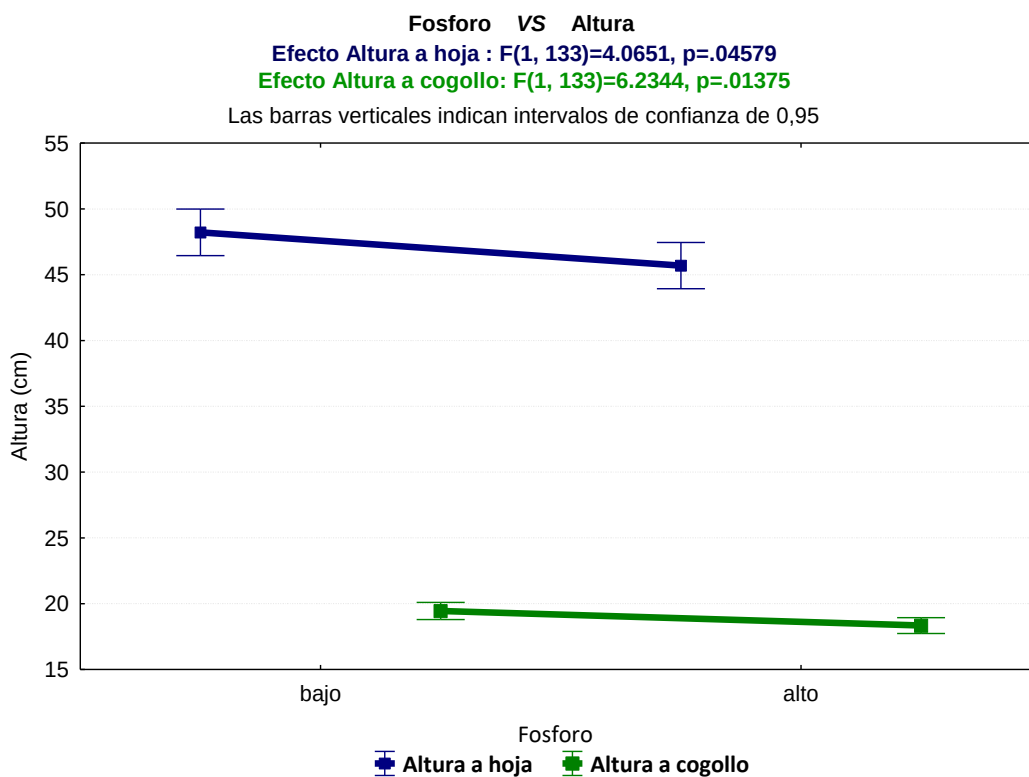


Figura 94. Gráfico ANOVA del P de la calabacita y altura a cogollo y hoja.

El grafico de la Figura 94, muestra que la planta vio favorecido su crecimiento cuando los niveles de fosforo fueron más bajos

Cuadro 133 ANOVA del P de la calabacita, el número de hojas y grados brix.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Número de hojas	Fosforo	15.49	1	15.49	4.778	0.030578
	Error	431.18	133	3.24		
Grados brix	Fosforo	1.7385	1	1.7385	6.493	0.011995
	Error	34.8084	130	0.2678		

Además de la altura, el fosforo también afecto el numero de hojas y los grados brix, en el Cuadro 158, es posible identificar que ambas variables muestran diferencias significativas al observar los valores críticos F y p.

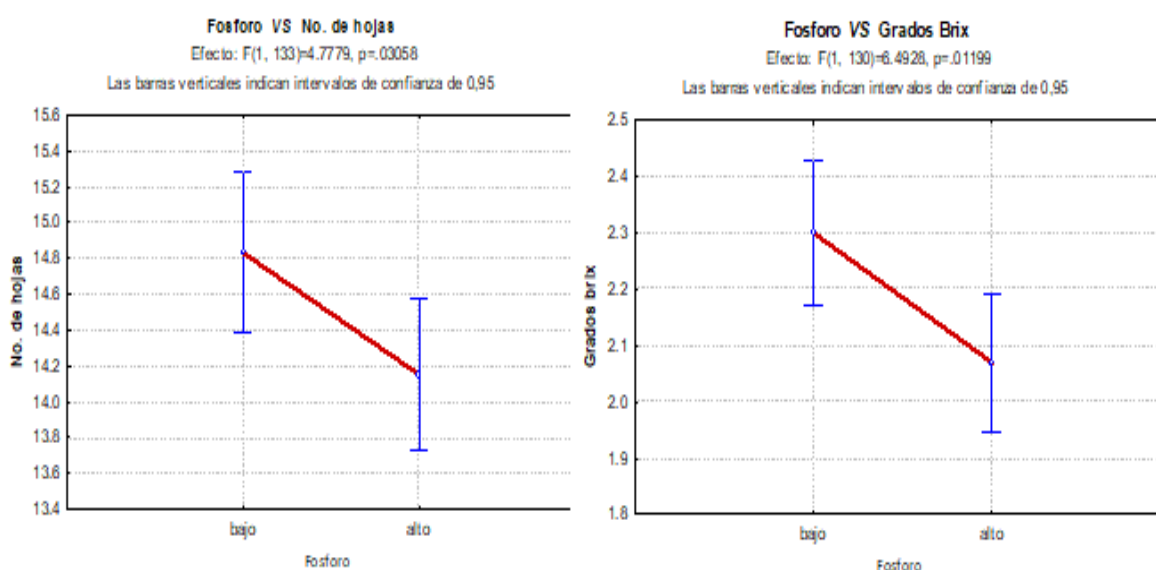


Figura 95. ANOVA del P de la calabacita, el número de hojas y grados brix.

En los gráficos de la Figura 95 se puede observar que el número de hojas alcanzo valores significativamente más altos cuando los niveles de fosforo fueron bajos, en el caso de los grados brix también se obtuvieron valores más altos cuando el fosforo se encontraba en niveles bajos.

14.4.2 Indicadores de calidad y variables del maíz.

Al igual que con el cultivo de calabacita también se realizó el análisis de varianza contrastando las variables de repuesta del maíz con las propiedades de los suelos, buscando que propiedades del suelo afectaron el desarrollo de este cultivo.

14.4.2.1 pH.

Una de las propiedades que impacto de forma significativa el cultivo del maíz fue el pH, en el Cuadro 159, se puede apreciar que el grosor del tallo representado por el diámetro mayor y el diámetro menor mostro cambios significativos dependiendo del valor que tomo el pH, se puede ver que los valores del estadístico p son bastante menores a 0.05 y que los valores de F sobrepasan fácilmente el valor critico que en este caso es de aproximadamente 3.2 lo cual significa que existe diferencia estadística.

Cuadro 134 ANOVA del pH del maíz y el grosor del tallo.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	pH	0.7621	2	0.3810	5.578	0.004662
	Error	9.6315	141	0.0683		
Diámetro menor	pH	0.3673	2	0.1836	4.73	0.010252
	Error	5.4717	141	0.0388		

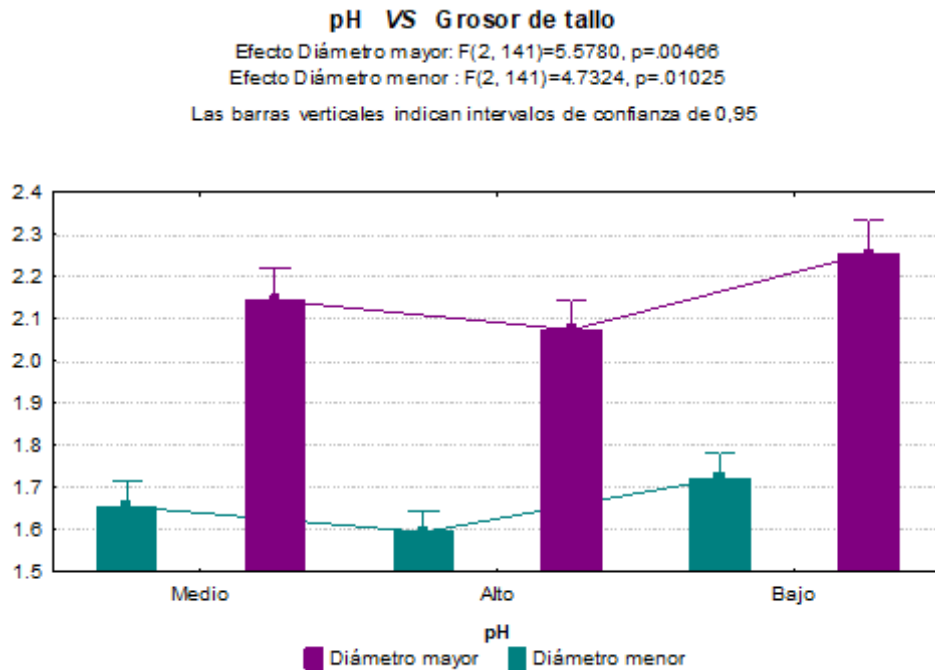


Figura 96. ANOVA del pH del maíz y el grosor del tallo.

En el gráfico de la Figura 96, se puede apreciar que los valores de ambos diámetros se vieron favorecidos cuando el pH tomo niveles bajos sin embargo hay recurrir a una prueba Tukey para lograr determinar qué elementos establecen entre si diferencia significativa.

Cuadro 135 TUKEY del pH del maíz y el grosor del tallo.

Variables	Sitio de muestreo	Medio	Alto	Bajo
Diámetro mayor	Medio		0.381028	0.084161
	Alto	0.381028		0.002724
	Bajo	0.084161	0.002724	
Diámetro menor	Medio		0.279446	0.209995
	Alto	0.279446		0.005972
	Bajo	0.209995	0.005972	

En el Cuadro 160, se muestran los resultados de la prueba Tukey, dejando claro que existe diferencia significativa entre el valor alto y bajo de pH. De esta manera se puede afirmar que el diámetro del maíz fue mayor cuando el pH presento pH bajos que cuando se manejaron niveles altos del mismo.

- ANOVA del pH y el Peso del elote

Otro factor en el que el pH influyo de forma significativa fue el peso del elote el cual se compone del elote CH el elote SH y el peso de la hoja, en el Cuadro 161, se muestra el ANOVA de estos tres elementos y el pH y los tres factores presentan diferencias significativas.

Cuadro 136 ANOVA del pH del maíz y el peso de los frutos del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso elote CH	pH	78285	2	39142	3.916	0.022118
	Error	1409261	141	9995		
Peso elote SH	pH	33685	2	16842	3.000	0.052965
	Error	791540	141	5614		
Peso Hoja	pH	10201.0	2	5100.5	4.9698	0.008209
	Error	144706.5	141	1026.3		

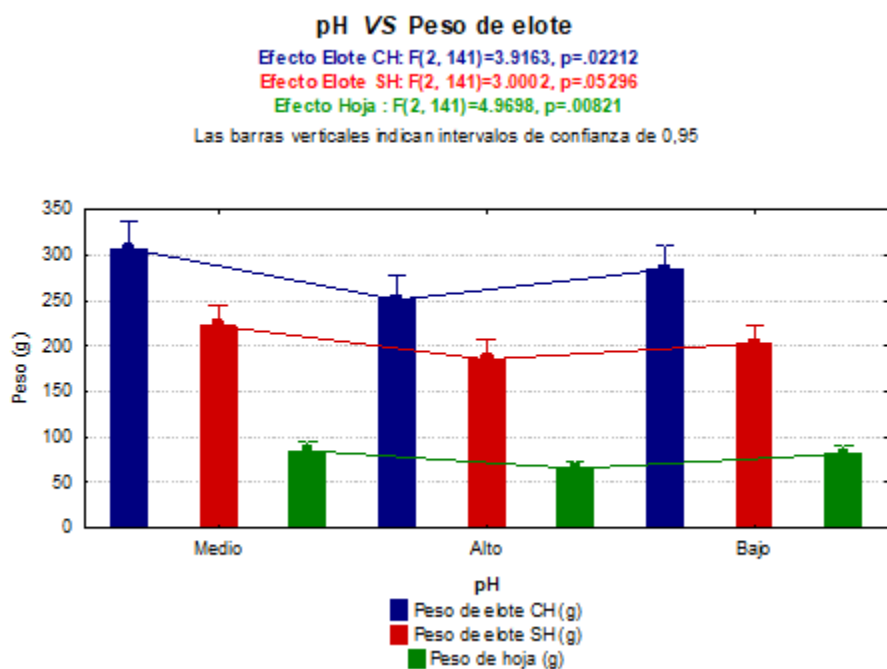


Figura 97. ANOVA del pH del maíz y el peso de los frutos del maíz.

En el gráfico de la Figura 97, se precisa que el pH en su nivel medio permitió un mayor rendimiento del fruto seguido del nivel bajo y los resultados más pobres se obtuvieron cuando el suelo presento pH más elevados, sin embargo se requiere

de una prueba Tukey para identificar puntualmente donde y donde se presentan las diferencias.

Cuadro 137 TUKEY del pH del maíz y el peso del fruto del maíz.

Variable	Nivel	Medio	Alto	Bajo
Peso elote CH	Medio		0.014386	0.488913
	Alto	0.014386		0.252685
	Bajo	0.488913	0.252685	
Peso elote SH	Medio		0.038889	0.400472
	Alto	0.038889		0.513081
	Bajo	0.400472	0.513081	
Peso de hoja	Medio		0.007310	0.850712
	Alto	0.007310		0.047278
	Bajo	0.850712	0.047278	

En el Cuadro 162, muestra los resultados de la prueba Tukey y en base a ella es posible afirmar que el peso de elote CH y SH fue mayor cuando el pH se encuentra en un nivel medio que cuando fue alto y el peso de la hoja del elote fue mayor en pH medios y bajos que cuando el suelo manejaba valores altos de pH.

14.4.2.2 Conductividad eléctrica (CE) y la Materia orgánica (MO).

La conductividad eléctrica y la materia orgánica lograron influir en el número de hojas en el Cuadro 163, se observa que existe diferencia significativa generada por estos indicadores.

Cuadro 138 ANOVA de la CE y la MO del Maíz y el No. de hojas.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Número de hojas	CE	5.50	1	5.50	5.73	0.017963
	Error	136.22	142	0.96		
Número de hojas	MO	8.71	1	8.71	9.30	0.002735
	Error	133.00	142	0.94		

Como se puede apreciar en la Figura 98, el número de hojas se vio favorecido cuando se presentaron valores altos tanto de número de hojas como de conductividad eléctrica.

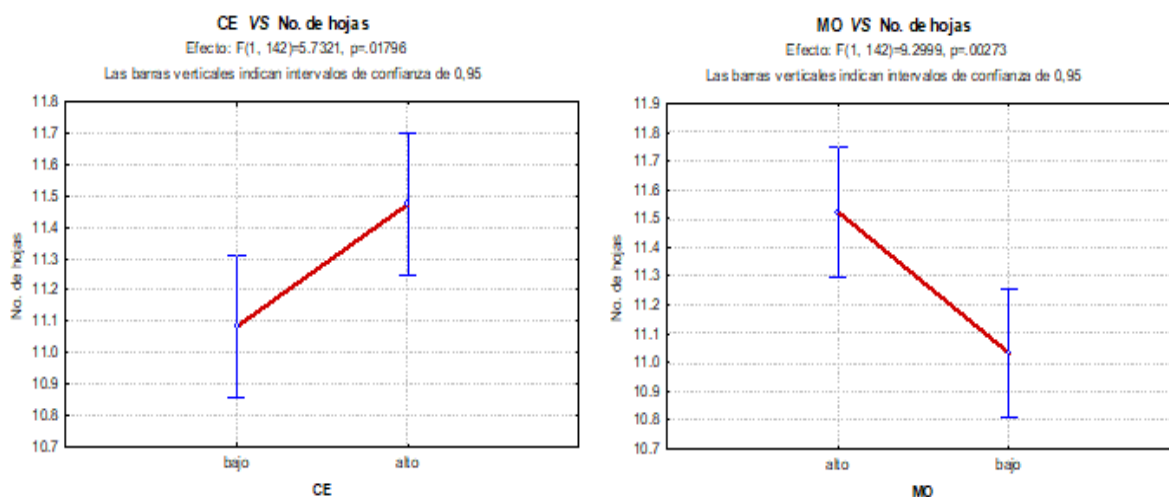


Figura 98. ANOVA de la CE y la MO del maíz y el número de hojas.

- **ANOVA de la MO y el Peso del elote.**

En el caso de la materia orgánica, también genero diferencia importante en el peso de los frutos del elote muy especialmente en el peso del elote SH donde se establece una diferencia significativa, tal y como se señala en el Cuadro 164, el peso de elote CH no alcanza a suponer una diferencia importante sin embargo se quedó a nada de si representarla.

Cuadro 139 ANOVA de la MO y el peso de los frutos del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso elote CH	MO	38269	1	38269	3.750	0.054806
	Error	1449276	142	10206		
Peso elote SH	MO	28780	1	28780	5.131	0.025013
	Error	796446	142	5609		

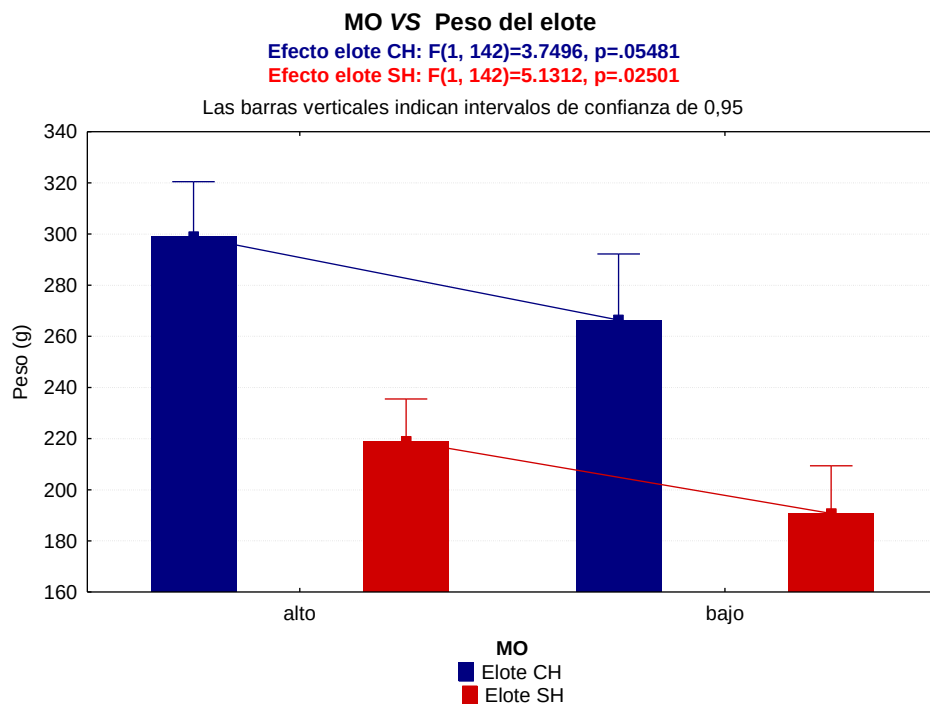


Figura 99. ANOVA de la MO y el peso de los frutos del maíz.

En el gráfico de la Figura 99, se observa que los frutos obtuvieron pesos más altos cuando los suelos presentaron niveles más altos de materia orgánica.

14.4.2.3 Calcio (Ca).

El calcio también fue uno de los parámetros que logro genera diferencias significativas, en el cultivo, en este caso influyo en el grosor de tallo que como sabemos se está compuesto de dos diámetros, en el Cuadro 165, se puede ver que se generaron diferencias estadísticas en ambos diámetros dependiendo del nivel que alcanzo el calcio en el suelo

Cuadro 140 ANOVA del Ca y el grosor del tallo del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	Ca	0.3724	1	0.3724	5.278	0.023063
	Error	10.0211	142	0.0706		
Diámetro menor	Ca	0.3674	1	0.3674	9.53	0.002426
	Error	5.4716	142	0.0385		

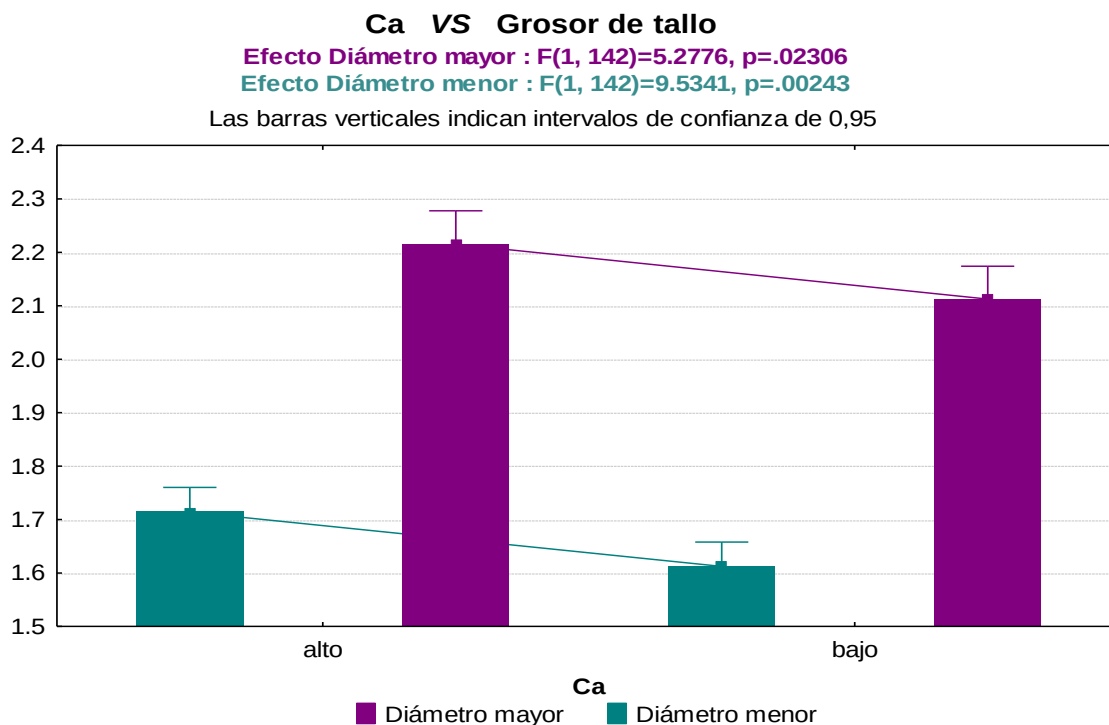


Figura 100. ANOVA del Ca y el grosor del tallo del maíz.

En el gráfico de la Figura 100, se indica que el grosor del tallo aumento de forma significativa cuando el nivel de calcio en el suelo fue más elevado.

14.4.2.4 Sodio (Na).

Cuadro 141 ANOVA del Na y la altura del maíz.

Variables	Efectos	Efectos	SC	GL	MC	F
Altura	Na	2486	1	2486	4.170	0.043009
	Error	84681	142	596		

Los niveles de sodio en el suelo lograron generar algunas diferencias significativas en algunas de las propiedades del suelo, este es el caso de la altura, el Cuadro 166, muestra el análisis de varianza entre el sodio y la altura, y existen efectos importantes causados por el nivel de sodio del suelo, ya que los valores críticos del ANOVA así lo indica.

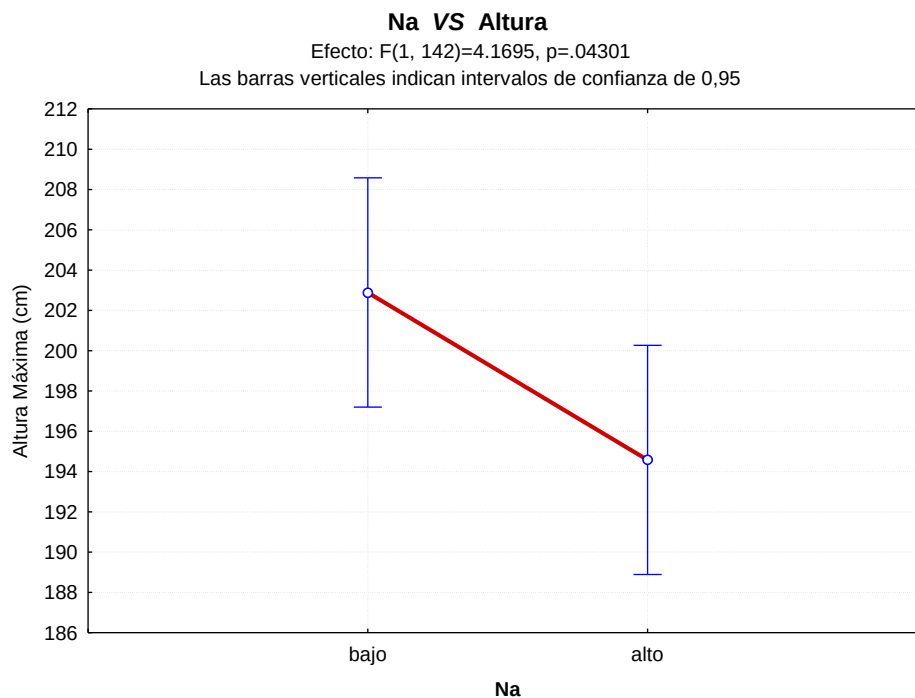


Figura 101. ANOVA del Na y la altura del maíz.

En el gráfico de la Figura 101 es posible identificar que la altura alcanzo valores más altos cuando los niveles de sodio fueron bajos.

- **ANOVA del Na y el peso del fruto del maíz.**

En el Cuadro 167 se muestran los valores p de las tres variables y es evidente que los tres valores son menores a 0.05 y por tanto en las tres variables el sodio genero diferencias significativas.

Cuadro 142 ANOVA del Na y el peso del fruto del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso elote CH	Na	94890	1	94890	9.675	0.002258
	Error	1392656	142	9807		
Peso elote SH	Na	32228	1	32228	5.771	0.017586
	Error	792997	142	5584		
Peso Hoja	Na	16517.6	1	16517.6	16.9485	0.000065
	Error	138389.9	142	974.6		

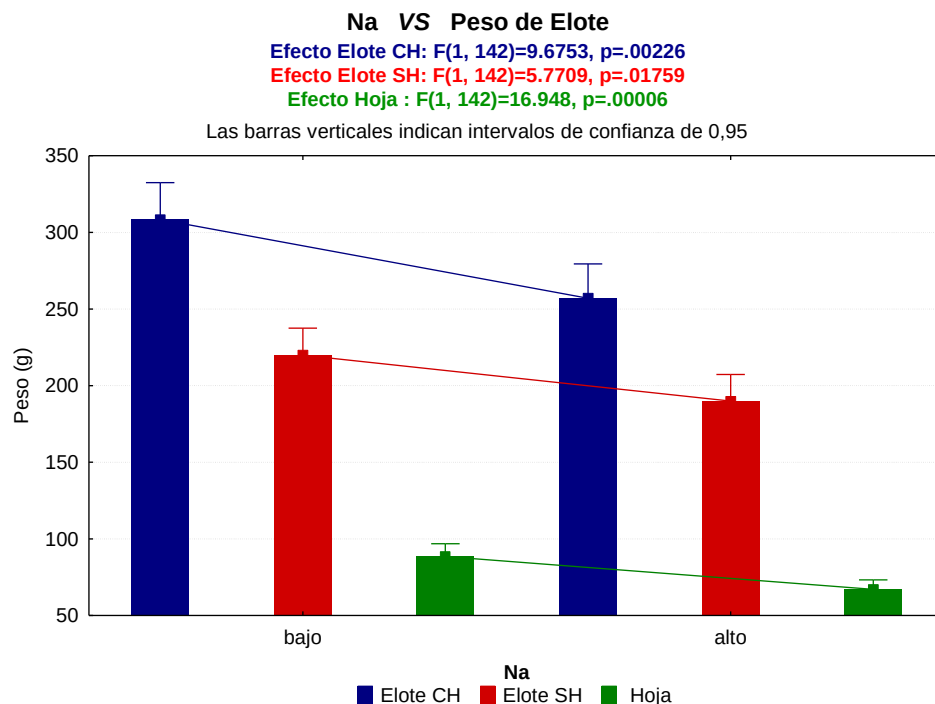


Figura 102. ANOVA del Na y el peso del fruto del maíz

En la Figura 102, se observa que las tres variables del peso del elote se desarrollaron mejor donde hubo niveles bajos de sodio.

14.4.2.5 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Cuadro 143 ANOVA de la CIC y el grosor del tallo del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	CIC	0.4859	1	0.4859	6.964	0.009247
	Error	9.9077	142	0.0698		
Diámetro menor	CIC	0.3548	1	0.3548	9.19	0.002897
	Error	5.4841	142	0.0386		

En el Cuadro 168, se ve que la CIC fue capaz de generar diferencias significativas en el grosor del tallo del maíz ya que los valores de F y p superan los valores críticos según cada caso.

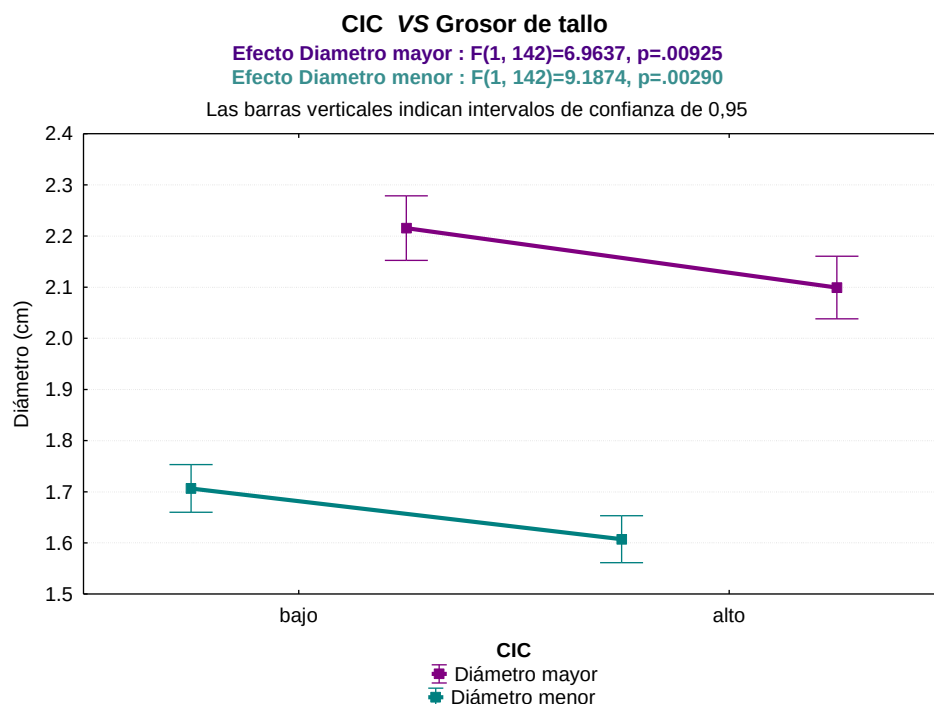


Figura 103. ANOVA del CIC y el grosor del tallo del maíz.

En el gráfico de la Figura 103 se muestra que los diámetros tendieron a ser más altos en los suelos donde la capacidad de intercambio catiónico maneja niveles más bajos.

14.4.2.6 Textura

En representación de la textura se evaluó el porcentaje de arcilla con el peso del elote, en el Cuadro 169, se plasma que el caso del elote SH presenta diferencias significativas, mientras que el caso del Elote CH los estadísticos se quedaron realmente cerca del valor crítico.

Cuadro 144 ANOVA de la arcilla y el peso del fruto del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso elote CH	Arcilla	39221	1	39221	3.845	0.051841
	Error	1448325	142	10199		
Peso elote SH	Arcilla	35603	1	35603	6.403	0.012486
	Error	789622	142	5561		

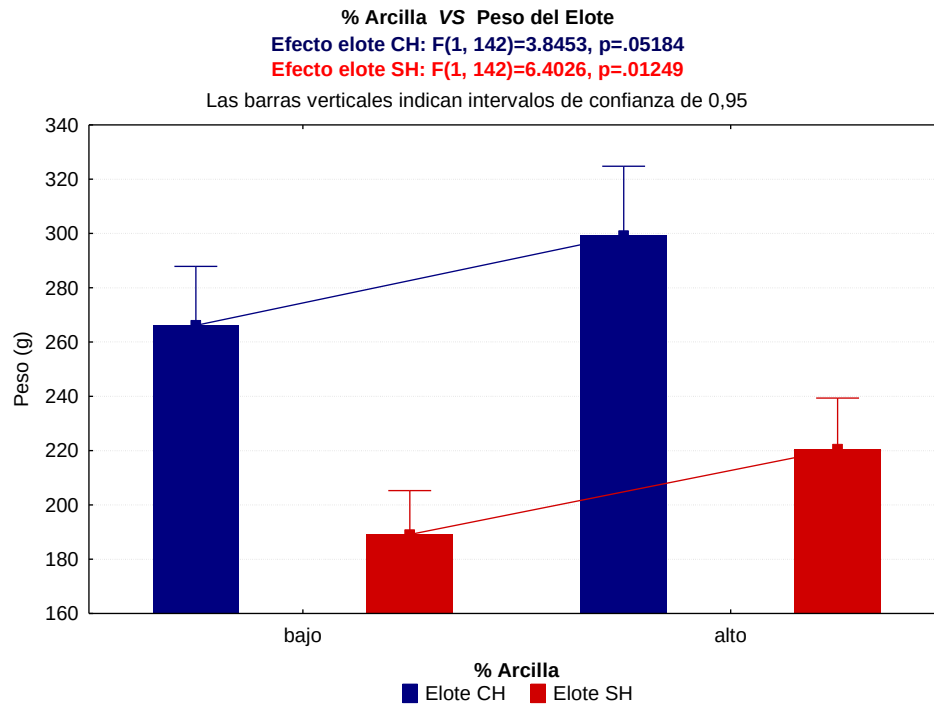


Figura 104. ANOVA de la arcilla y el peso del fruto del maíz.

En el gráfico de la Figura 104, se aprecia que el peso de los frutos alcanzo valores más altos cuando el porcentaje de arcilla se presentó en un nivel alto.

14.4.2.7 Saturación de bases (SB).

Cuadro 145 ANOVA de la SB, el grosor del tallo y el número de hojas del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Diámetro mayor	SB	1.4643	1	1.4643	23.29	0.000004
	Error	8.9292	142	0.0629		
Diámetro menor	SB	0.9911	1	0.9911	29.03	0.000000
	Error	4.8479	142	0.0341		
No de hojas	SB	10.65	1	10.65	11.54	0.000885
	Error	131.07	142	0.92		

En el Cuadro 153, se muestra que los valores críticos de las tres variables que se muestran alcanzan valores p mucho menores al valor critico de 0.05 y que por

tanto son estadísticamente significativos lo cual se puede traducir en que la saturación de bases logro influir en estas tres variables.

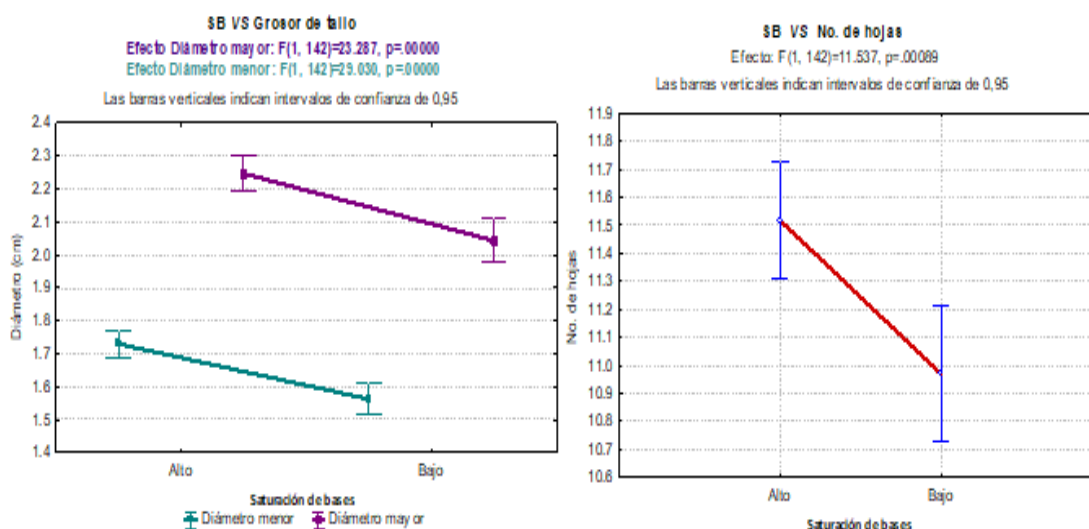


Figura 105. ANOVA de la SB, el grosor del tallo y el número de hojas del maíz.

En la Figura 105 se presentan dos gráficos en los cuales se muestra los niveles que alcanzaron las variables de respuesta respecto el nivel que tomo la saturación de bases, en ese sentido se observa que los dos diámetros y el número de hoja alcanzaron valores más elevados cuando la saturación de bases se colocó en un nivel alto.

14.4.2.8 Espacio poroso (EP).

Cuadro 146 ANOVA de EP, la altura y el número de hojas del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura	Espacio poroso	3390	1	3390	5.745	0.017833
	Error	83778	142	590		
No. de hojas	Espacio poroso	4.78	1	4.78	4.95	0.027640
	Error	136.94	142	0.96		

En el Cuadro 171, se presenta el análisis de varianza de la altura y el no. de hojas frente al espacio poroso, se puede observar que ambas variables tuvieron diferencias significativas dependiendo del valor que tomo el espacio poroso.

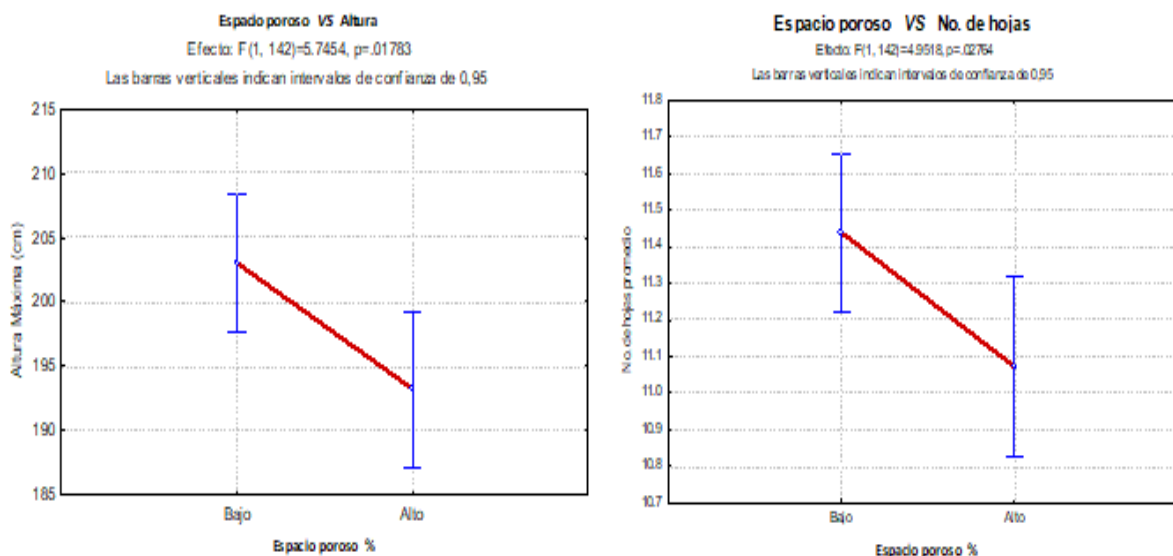


Figura 106. ANOVA del EP, la altura y el número de hojas del maíz.

En los gráficos de la Figura 106 se aprecia que tanto la altura de la planta como el número de hojas alcanzaron niveles más elevados cuando el espacio poroso se mantuvo en un nivel bajo.

El espacio poroso fue capaz de influir en los valores de la clorofila, esta afirmación queda respaldada por la información del Cuadro 172 donde aparece un valor F calculado de 7.318 el cual bastante mayor al valor crítico de 3.84 y también está el valor p el cual es bastante menor a 0.05.

Cuadro 147 ANOVA del EP y la clorofila del maíz.

Efectos	SC	GL	MC	F	P
Espacio poroso	188.4	1	188.4	7.318	0.007661
Error	3655.5	142	25.7		

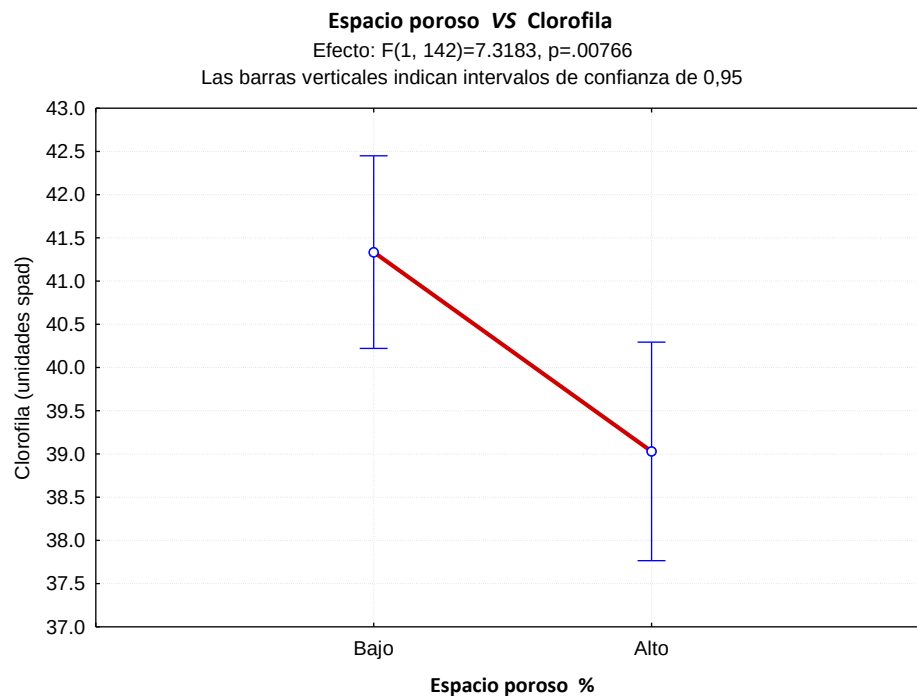


Figura 107. ANOVA del EP y la clorofila del maíz.

En la Figura 107 se ilustra que los datos medidos de la clorofila alcanzaron valores más elevados en los sitios donde el espacio poroso se encontraba en niveles bajos.

Cuadro 148 ANOVA del EP y el peso de los frutos del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso elote CH	Espacio poroso	164446	1	164446	17.649	0.000047
	Error	1323100	142	9318		
Peso elote SH	Espacio poroso	103851	1	103851	20.443	0.000013
	Error	721374	142	5080		
Peso Hoja	Espacio poroso	6932.2	1	6932.2	6.6523	0.010919
	Error	147975.3	142	1042.1		

En el Cuadro 173, aparece que los valores p de las tres variables son menores a 0.05 y por lo tanto se puede decir que el espacio poroso influyo en los valores que alcanzo el peso del elote CH, SH y la hoja.

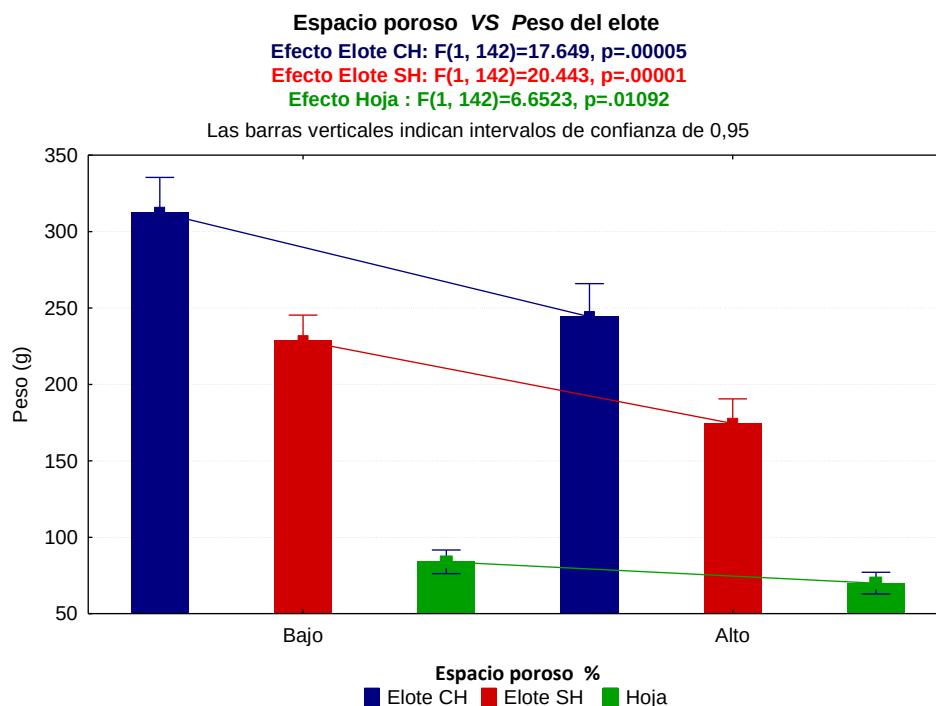


Figura 108. ANOVA del EP y el peso de los frutos del maíz.

El gráfico de la Figura 108 muestra que los pesos del elote y el peso de la hoja fueron más elevados cuando el espacio poroso presentó niveles bajos.

14.4.2.9 Nitrógeno (N).

Cuadro 149 ANOVA del N, el peso de los frutos y el número de hojas del maíz.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Peso elote CH	Nitrógeno	38269	1	38269	3.750	0.054806
	Error	1449276	142	10206		
Peso elote SH	Nitrógeno	28780	1	28780	5.131	0.025013
	Error	796446	142	5609		
No. de hojas	Nitrógeno	8.71	1	8.71	9.30	0.002735
	Error	133.00	142	0.94		

En el cuadro 174, se ilustra que el nitrógeno influyó significativamente en el peso del elote SH y el No. de hojas y se mantiene la misma tendencia en el peso del elote CH aunque no alcanza a ser significativo.

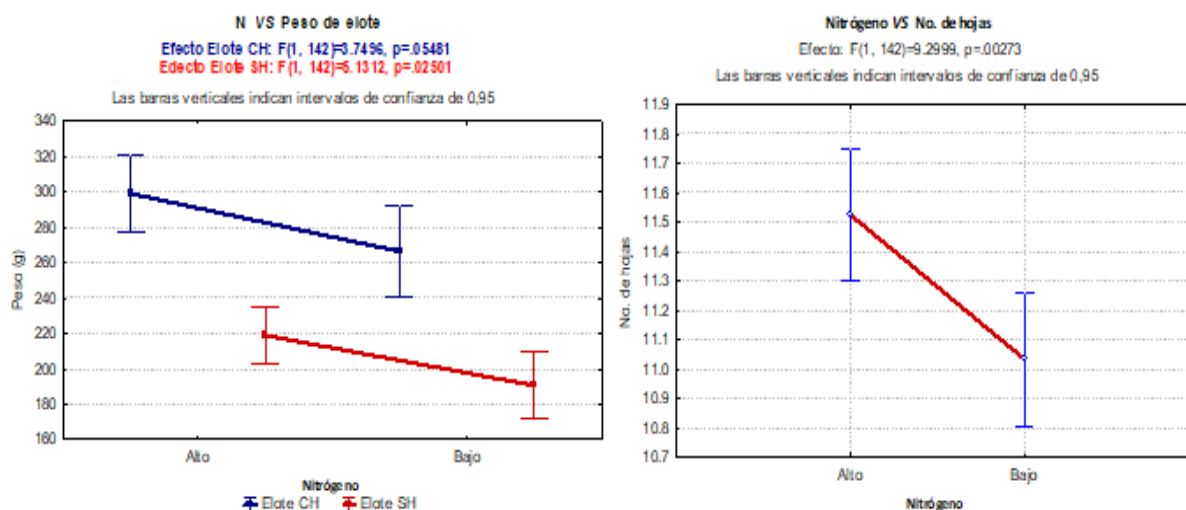


Figura 109. Gráficos ANOVA del N, el peso de los frutos y el número de hojas del maíz.

En la Figura 109, se pueden ver dos gráficos que muestran que el elote CH y el elote SH, así como el número de hojas alcanzaron valores más elevados cuando el suelo presentó niveles altos de nitrógeno.

14.4.3 Indicadores de calidad y variables del jitomate.

Toca el turno al jitomate al igual que con los otros dos cultivos se procede a identificar cuales variables influyen de forma significativa en el desarrollo del jitomate, para lo cual se realizó un análisis de varianza de cada una de las propiedades del suelo y se comparó con cada una de las variables de respuesta, de esta manera se podrá identificar las propiedades que causan más impacto en el desarrollo de este cultivo.

14.4.3.1 pH.

En el caso del jitomate, el pH fue la primer variable a la que se le realizó el análisis de varianza encontrando que generó diferencias significativas al grosor del tallo y el peso de los frutos, el análisis de varianza de estas 2 variables se muestra en el Cuadro 175, en dicha tabla se observan los valores de F y p que demuestran que efectivamente se generaron diferencias significativas.

Cuadro 150 ANOVA del pH, el grosor del tallo y el peso de los frutos del jitomate.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P	
Grosor del tallo	pH	0.0573	2	0.0286	4.46	0.013528	
	Error	0.7901	123	0.0064			
Peso de frutos	pH	518489	2	259244	4.5556	0.012342	
	Error	6999567	123	56907			

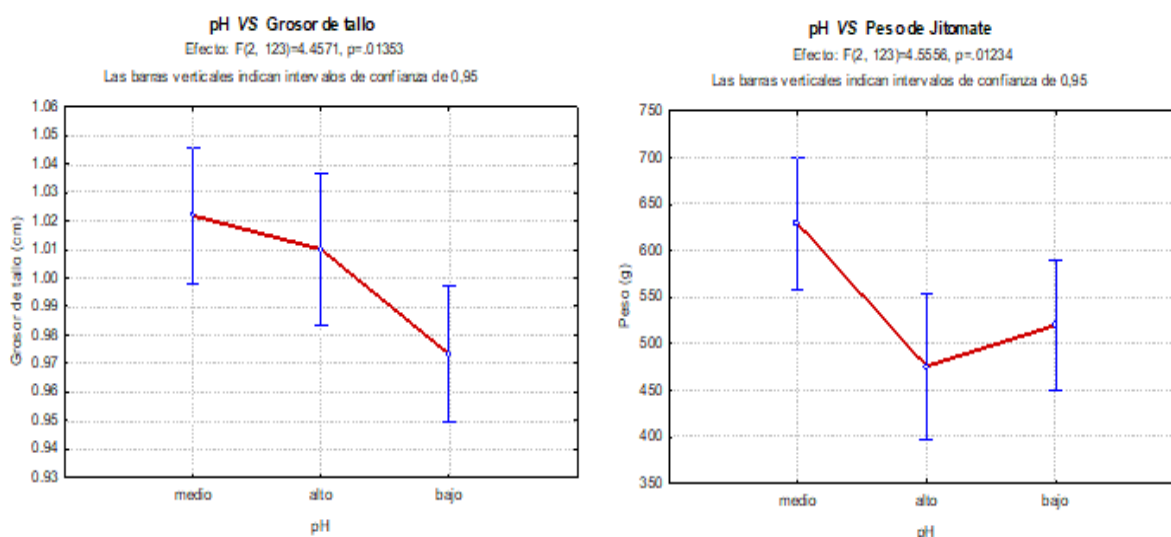


Figura 110. ANOVA del pH, el grosor del tallo y el peso de los frutos del jitomate.

En los gráficos de la Figura 110, se ve que el nivel medio de pH promovió la obtención de valores más elevados tanto para el peso de los frutos como en el caso del grosor del tallo, ahora es necesario aplicar una prueba Tukey para identificar que elementos están causando las diferencias localizada en el anova.

Cuadro 151 TUKEY del pH, el grosor del tallo y el peso de los frutos del jitomate.

Variable	Sitio de muestreo	Medio	Alto	Bajo
Grosor de tallo	Medio		0.786948	0.011134
	Alto	0.786948		0.099448
	Bajo	0.011134	0.099448	
Peso de los frutos	Medio		0.011375	0.075848
	Alto	0.011375		0.688613
	Bajo	0.075848	0.688613	

El Cuadro 176, muestra los resultados de la prueba Tukey para el grosor del tallo y el peso de los frutos donde es posible afirmar que el grosor de tallo es estadísticamente mayor cuando el pH se coloca en un nivel medio que cuando el pH está en un nivel bajo, de igual manera se puede afirmar que el peso de los frutos es estadísticamente mayor cuando se tiene un nivel medio de pH que cuando se tiene un nivel alto del mismo.

14.4.3.2 Conductividad eléctrica (CE).

La conductividad eléctrica influyo de manera importante en el desarrollo del cultivo de jitomate, en el Cuadro 177, se muestra que afecto de forma significativa la altura, el grosor del tallo y el número de racimos esto lo podemos corroborar al observar los valores del estadístico p el cual es menor a 0.05 y en el caso de la altura se encuentra prácticamente en el punto crítico, y aunque no califica como diferencia significativa, puede dar información importante.

Cuadro 152 ANOVA de la CE, la altura el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura	CE	1052	1	1052	3.898	0.050571
	Error	33477	124	270		
Grosor de tallo	CE	0.0781	1	0.0781	12.58	0.000551
	Error	0.7693	124	0.0062		
No. de racimos	CE	14.146	1	14.146	7.664	0.006499
	Error	228.885	124	1.846		

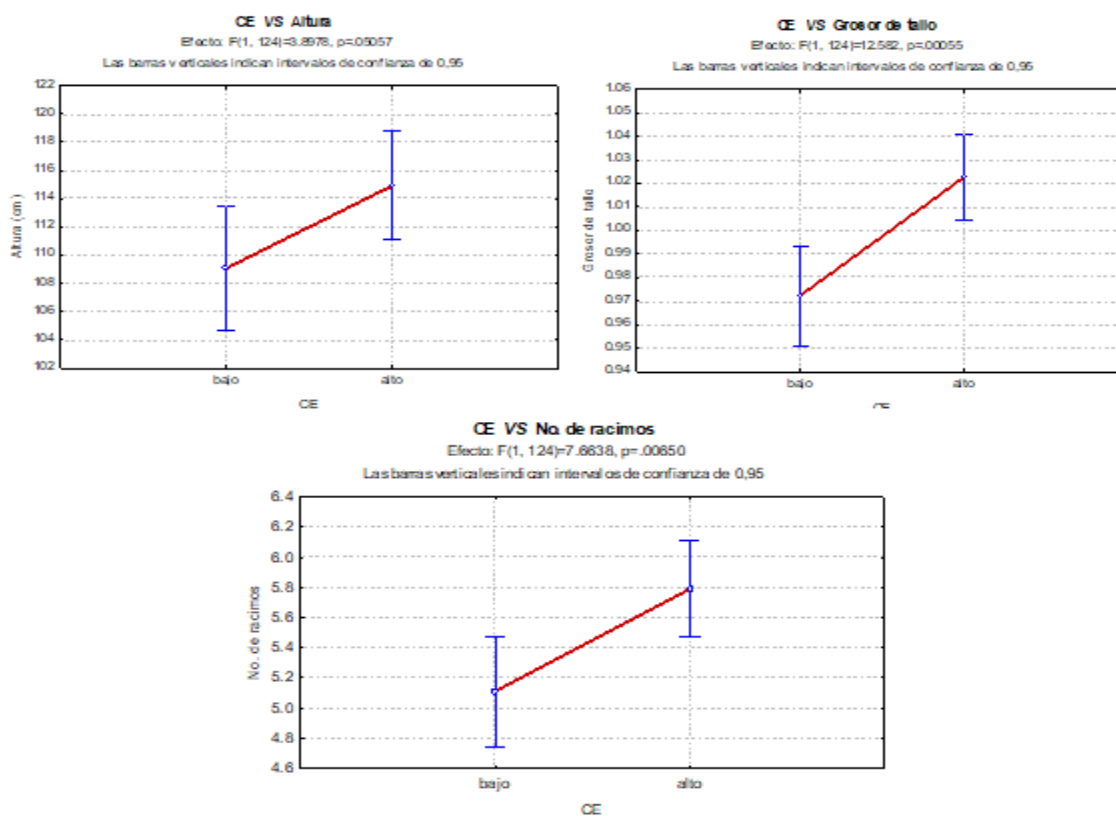


Figura 111. ANOVA de la CE, la altura, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.

En la Figura 111, se pueden ver tres gráficos donde se compara la conductividad eléctrica con las variables de respuesta a las cuales este parámetro afectó de forma significativa, en general en los tres gráficos indican que valores altos de conductividad eléctrica favorecieron el desarrollo del cultivo ya que tanto el número de racimos, como el grosor del tallo y la altura de la planta alcanzaron valores más elevados cuando dicha CE observó niveles altos.

14.4.3.3 Materia orgánica y calcio (MO y Ca).

La materia orgánica y el calcio fueron algunas de las propiedades del suelo que afectaron de forma significativa el desarrollo del jitomate, concretamente ambos tuvieron influencia en el grosor del tallo, en el Cuadro 178, se expone el análisis de

varianza correspondiente a estas dos propiedades donde podemos corroborar a través de los valores de F y p que efectivamente existe diferencia significativa.

Cuadro 153 ANOVA de la MO el Ca, y el grosor del tallo del jitomate.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Grosor de tallo	MO	0.0661	1	0.0661	10.49	0.001538
	Error	0.7812	124	0.0063		
Grosor de tallo	Ca	0.0854	1	0.0854	13.90	0.000292
	Error	0.7619	124	0.0061		

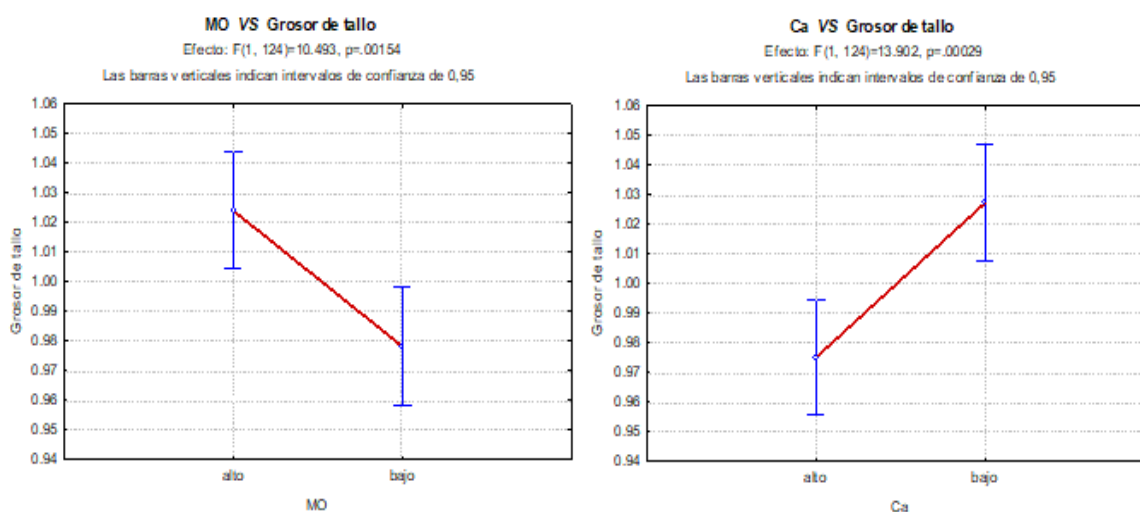


Figura 112. ANOVA de la MO, el Ca y el grosor del tallo del jitomate.

Al observar la Figura 112, específicamente el grafico del lado izquierdo se determina que a niveles altos de materia orgánica el grosor del tallo también encontró niveles un tanto superiores, Caso contrario es el que se observa en el grafico del lado derecho donde los niveles altos de calcio se relacionan con resultados más bajo en el grosor del tallo, es decir que el grosor de tallo se vio favorecido cuando encontró niveles altos de MO y valores bajos de Ca.

14.4.3.4 Sodio (Na).

Al igual que con el resto de propiedades se detectó que el sodio influyo de forma significativa en algunas variables de respuesta, en el Cuadro 179, podemos observar el análisis de varianza que surgió al relacionar el sodio con las variables de respuesta y en la tabla se ilustra un valor p mayor a 0.05 y un valor F mayor al F de tablas de 3.8, estos valores indican que existe diferencia significativo en, los valores de las variables de respuesta.

Cuadro 154 ANOVA del Na, la altura y el peso de los frutos del jitomate.

Variables	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura	Na	1101	1	1101	4.085	0.045413
	Error	33428	124	270		
Peso del fruto	Na	367720	1	367720	6.3769	0.012822
	Error	7150335	124	57664		

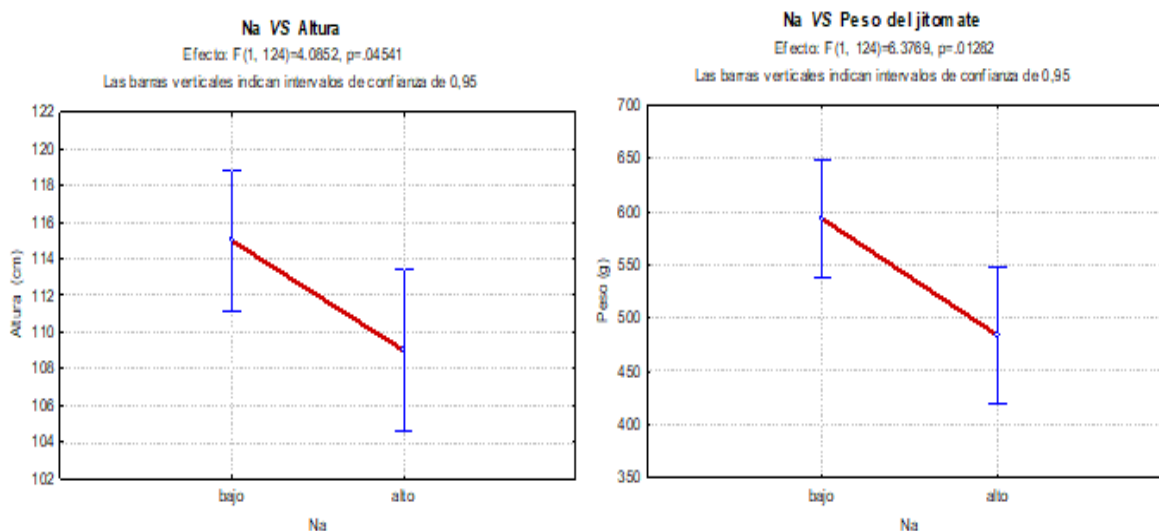


Figura 113. ANOVA del Na, la altura y el peso de los frutos del jitomate.

En la Figura 113, se puede ver que tanto la altura como el peso de los frutos del jitomate se desarrollaron mejor, o encontraron valores más altos cuando la cantidad de sodio permaneció en un nivel bajo.

14.4.3.5 Potasio (K).

El potasio se hizo presente en el cultivo del jitomate y muy específicamente en el grosor del tallo, esto se puede observar en el Cuadro 180 donde el análisis de varianza que resulto al relacionar el potasio con el grosor del tallo, este análisis arroja valores p y f que indican que existe diferencia significativa.

Cuadro 155 ANOVA del K y el grosor del tallo del jitomate.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Grosor del tallo	K	0.0421	1	0.0421	6.48	0.012152
	Error	0.8053	124	0.0065		

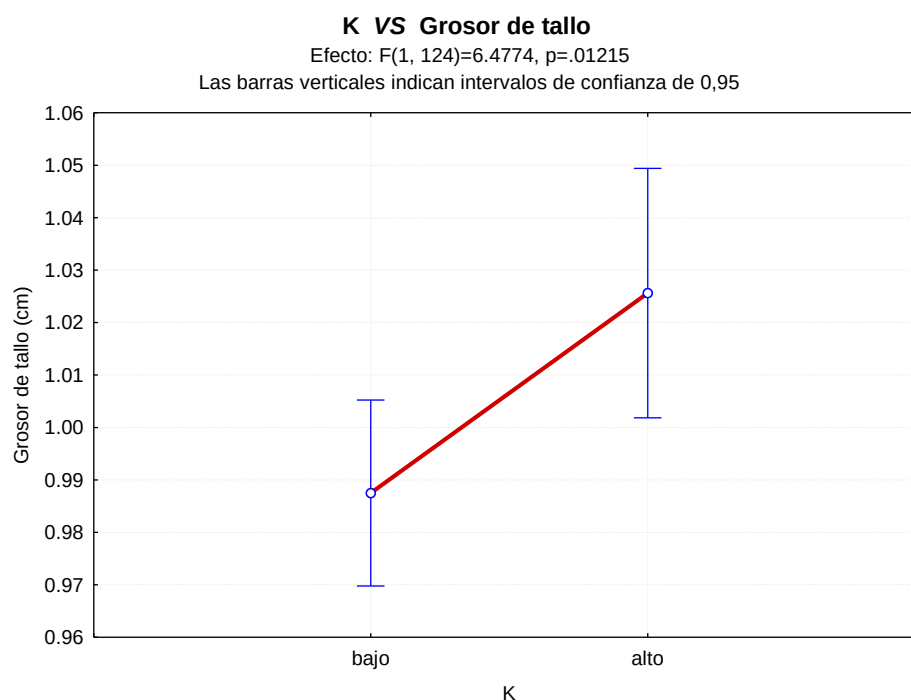


Figura 114. ANOVA del K y el grosor del tallo del jitomate.

Como se aprecia en el gráfico de la Figura 114, el grosor de tallo se desarrolló mejor cuando encontró niveles altos de potasio en el suelo.

14.4.3.6 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Toca turno a la capacidad de intercambio catiónico la cual también ha logrado influir de forma significativa en las variables de respuesta el cultivo de jitomate, para ser más precisos la CIC influyo en el grosor de tallo la altura y el número de

racimos, en el Cuadro 18,1 se presenta el análisis de varianza que sustenta que efectivamente la capacidad de intercambio catiónico afecto a dichas variables significativamente.

Cuadro 156 ANOVA de la CIC, la altura, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.

Variables	SC	SC	GL	MC	F	P
Altura	CIC	1603	1	1603	6.038	0.015380
	Error	32926	124	266		
Grosor de tallo	CIC	0.2176	1	0.2176	42.85	0.000000
	Error	0.6297	124	0.0051		
Número de racimos	CIC	13.504	1	13.504	7.296	0.007879
	Error	229.526	124	1.851		

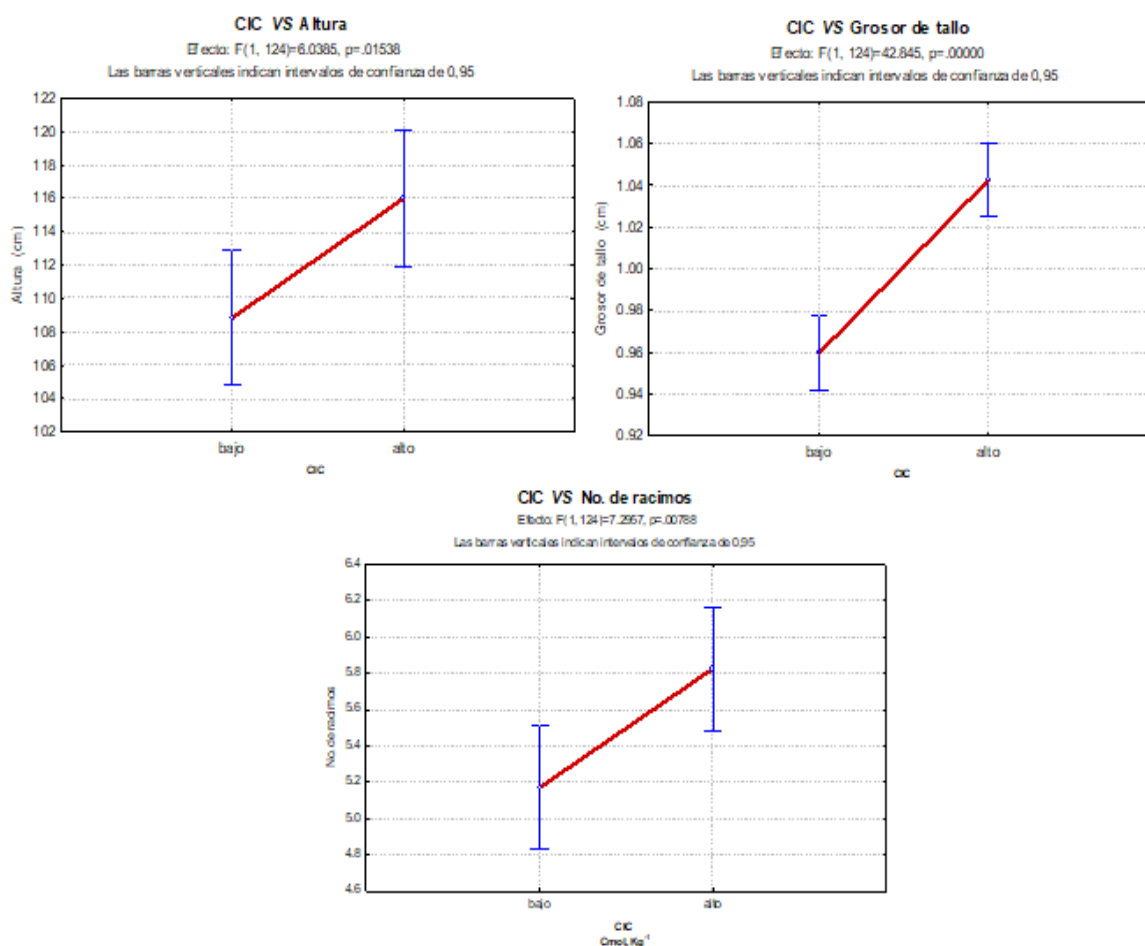


Figura 115. ANOVA de la CIC, la altura, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.

En la Figura 115, aparecen tres gráficos que relacionan a la CIC con las variables de respuesta del jitomate, en estos tres gráficos el efecto de la capacidad de intercambio catiónico sobre las variables es consistente ya que tanto la altura como el grosor del tallo y el número de racimos obtuvieron o alcanzaron valores más altos cuando la CIC de los suelos fue alta.

14.4.3.7 Arcilla.

El nivel de arcilla influyo en la altura, en el Cuadro 182, aparece el ANOVA de la altura y el porcentaje de arcilla donde se puede verificar en los valores F y p que existen diferencias significativas.

Cuadro 157 ANOVA de la arcilla y la altura del jitomate.

Variable	Efectos	SC	GL	MC	F	P
Altura	Arcilla	1434	1	1434	5.371	0.022111
Error	Error	33096	124	267		

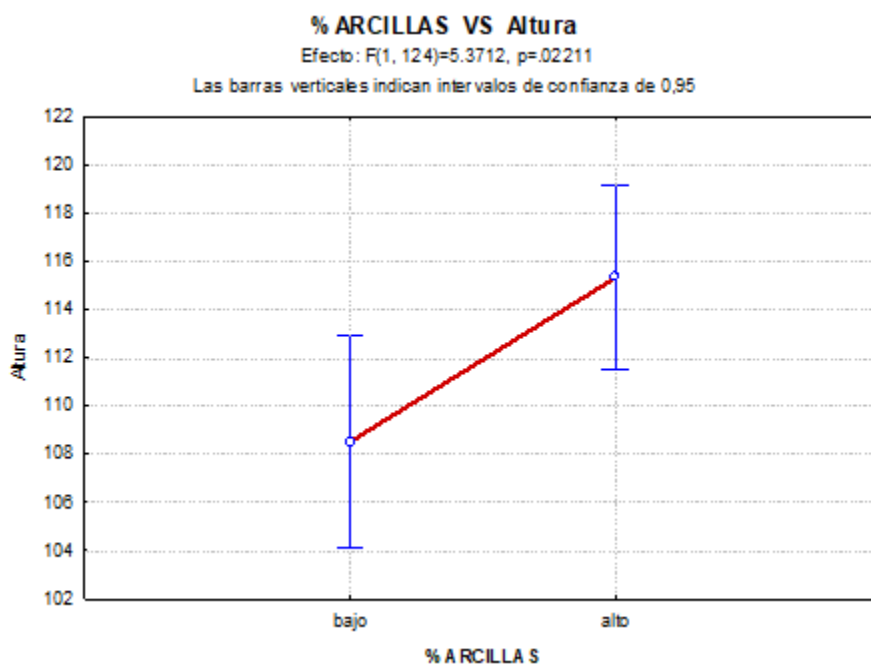


Figura 116. ANOVA de la arcilla y la altura del jitomate.

En el gráfico de la Figura 116, se aprecia que los valores que reporto la altura fueron más elevados cuando el porcentaje de arcillas fue alto.

El arcilla también afecto el desempeño del grosor del tallo y el número de racimos, en el Cuadro 183, se presenta el análisis de varianza de las variables mencionadas y es claro que existen diferencias significativas ya que si el valor p es mayor a 0.05 se habla de una diferencia significativa.

Cuadro 158 ANOVA de la arcilla, el grosor del tallo y el número de racimos del jitomate.

Variables	SC	GL	MC	F	P	SC
Grosor del tallo	Arcilla	0.1373	1	0.1373	23.99	0.000003
	Error	0.7100	124	0.0057		
Número de racimos	Arcilla	12.345	1	12.345	6.636	0.011166
	Error	230.685	124	1.860		

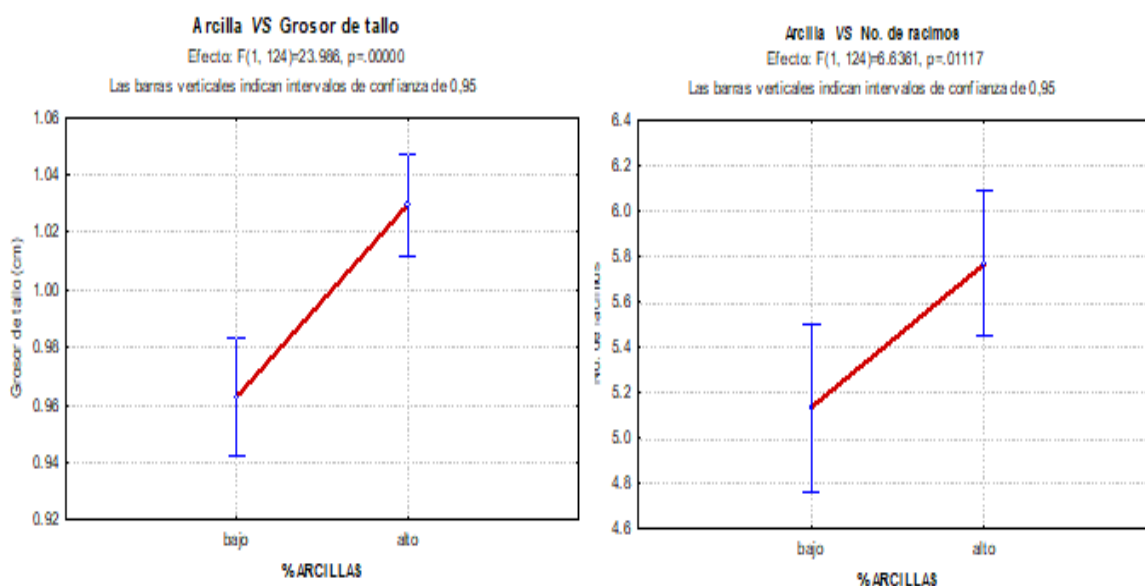


Figura 117. ANOVA de la Arcilla, el grosor del tallo y el número de racimos.

Al observar la Figura 117, es posible evaluar el desempeño de las variables de respuesta en cuestión, cuando el porcentaje de arcillas es bajo o alto, en este sentido se puede identificar que tanto el grosor del tallo como el número de racimos se vieron favorecidos cuando el porcentaje de arcilla fue alto.

14.4.3.8 Espacio poroso y nitrógeno (EP y N).

El espacio poroso y el nitrógeno influyeron significativamente en el grosor de tallo, lo dicho se corrobora con el valor F y p del Cuadro 184, el cual presenta el análisis de varianza del grosor del tallo contra el espacio poroso y el nitrógeno.

Cuadro 159 ANOVA del EP, el N y el grosor del tallo del jitomate.

Variables	SC	GL	MC	F	P	SC
Grosor del tallo	Espacio poroso	0.1866	1	0.1866	35.03	0.000000
	Error	0.6607	124	0.0053		
Grosor del tallo	N	0.0661	1	0.0661	10.49	0.001538
	Error	0.7812	124	0.0063		

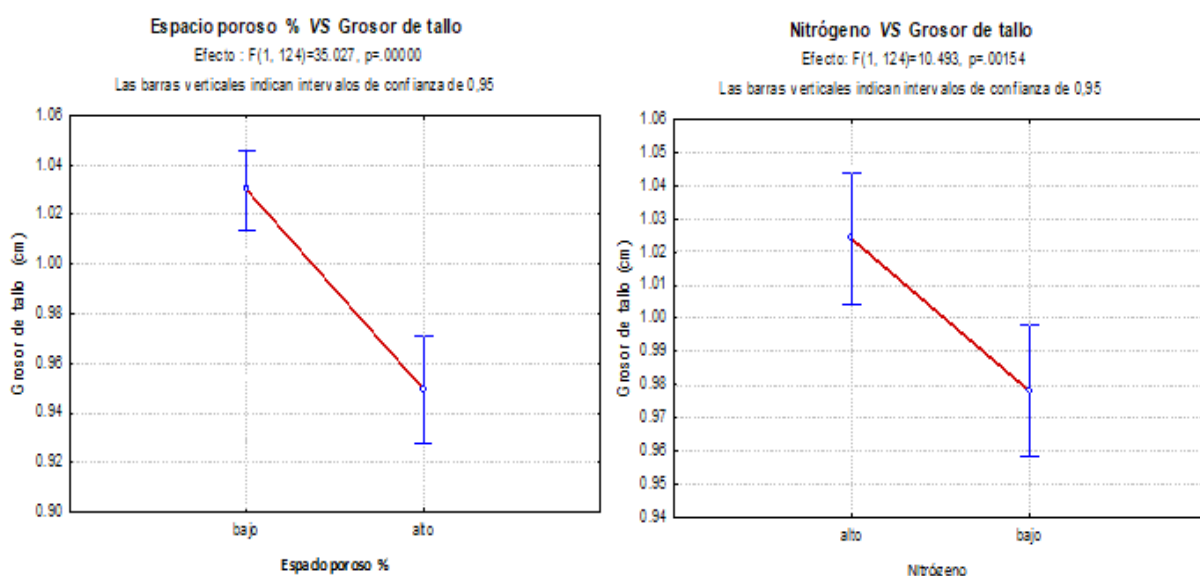


Figura 118. ANOVA del EP, el N y el grosor del tallo del jitomate.

En la Figura 118 aparecen dos gráficos donde se ve el comportamiento del grosor del tallo dependiendo del parámetro contra el cual se compara, en este caso es evidente que cuando el espacio poroso muestra niveles bajos el espacio poroso se vio favorecido y en el caso del nitrógeno puede observarse que cuando los niveles de este elemento en el suelo fueron altos, el grosor del tallo aumentó.