



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

## **FACULTAD DE QUÍMICA**

### **ESTUDIO AGROECOLÓGICO DEL CULTIVO DE MAÍZ CACAHUACINTLE, VALLE DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO**

#### **TESIS**

#### **MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

**GEORGINA MARTÍNEZ BÁEZ**

**COMITÉ TUTORAL:**

**DRA. MARÍA ESTELA OROZCO HERNÁNDEZ**

**DR. GUSTAVO ÁLVAREZ ARTEAGA**

**MTRO. JULIO CÉSAR CARBAJAL MONROY**

**TOLUCA, MÉXICO**

**ENERO 2022.**

# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>16</b>
<b>Contribución .....</b>	<b>16</b>
<b>Planteamiento .....</b>	<b>16</b>
<b>Pregunta de investigación .....</b>	<b>18</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos particulares.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>20</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO AGROECOLOGICO DEL MAIZ CACAHUACINTLE .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 Casos de estudio .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3 Enfoques de investigación.....</b>	<b>53</b>
1.3.1 Principios de la teoría de sistemas .....	53
1.3.2 Ecología del paisaje.....	56



<b>RESULTADOS.....</b>	<b>102</b>
<b>3.1 Manejo agrícola del maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas .....</b>	<b>103</b>
Figura 31. Discos arado.                      Figura 32. Volteado de la tierra.....	104
Figura 33. Implemento Sembradora.....	105
Figura 34. Aplicación y distribución de abono orgánico.....	106
Figura 36: Modelo sistémico .....	109
<b>3.2 Características físicas, químicas y calidad de los suelos .....</b>	<b>113</b>
Figura 37, Composición Textural Santa María. ....	114
Figura 38, Composición Textural Zacango.    Figura. 39 Composición Textural Bonanza .....	114
Figura 40. Perfil de humedad santa María Nativitas. ....	115
Figura 42. Perfil de humedad de Zacango.....	116
Figura 43 Densidad Aparente                      Figura 44 Densidad Real .....	118
Figura 46. Relación de pH y disponibilidad de nutrientes .....	121
Figura 47. pH en parcelas de estudio .....	122
Figura 48. Porcentaje de Materia Orgánica. ....	123
Figura 49. Nitrógeno Asimilable. ....	124
Figura 50. Contenido de Macronutrientes por sitio de estudio.....	124
 <b>CAPÍTULO IV .....</b>	 <b>126</b>
 <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO AGROECOLOGICO DEL CUTIVO DE MAIZ CACAHUACINTLE.....</b>	 <b>126</b>
 <b>CAPÍTULO IV.....</b>	 <b>127</b>
 <b>DISCUSIÓN .....</b>	 <b>127</b>
 <b>PRÁCTICAS AGRÍCOLAS.....</b>	 <b>132</b>
 <b>CONCLUSIONES .....</b>	 <b>135</b>
 <b>REFERENCIAS .....</b>	 <b>137</b>
 <b>BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	 <b>137</b>
 <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	 <b>138</b>
PAGINAS INTERNET.....	145
 <b>ANEXOS.....</b>	 <b>149</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>150</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	73
FIGURA 2. MUESTREO SANTA MARÍA.	FIGURA 3. MUESTREO BONANZA..... 78
FIGURA 6. PESADO DE MUESTRA.	FIGURA 7. MÉTODO DE CUARTEO..... 79
FIGURA 13. APERTURA DE PERFIL.....	82
FIGURA 14. PERFORACIÓN CON BARRENA.	FIGURA 15. PERFIL CON BARRENA. .... 83
FIGURA 16. MEDICIÓN DE PH Y HUMEDAD CON KELWAY HB-2. ....	83
FIGURA 17. MEDICION DE CO2.	FIGURA 18. TUBO DRAEGER..... 84
FIGURA 19. LOCALIZACIÓN Y ZONAS DE ESTUDIO.....	86
FIGURA. 21 CALIMAYA DE DÍAZ GONZÁLES, UNIDADES EDAFOLÓGICAS .....	89
FIGURA. 22. CALIMAYA DE DÍAZ GONZÁLES, USO DE SUELO. ....	91
FIGURA 23. CALIMAYA DE DÍAZ GONZÁLES, CLIMAS.....	92
FIGURA 25. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PROMEDIO AÑOS 1986-2011. ....	94
FIGURA 26. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PROMEDIO AÑOS 1986-2011. ....	94
FIGURA. 27 CALIMAYA DE DÍAZ GONZÁLES, DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN.....	95
FIGURA 28. CALIMAYA DE DÍAZ GONZÁLES, PISOS HIPSOMÉTRICOS .....	96
FIGURA 29. GRÁFICO DE LA SUPERFICIE SEMBRADA Y PRODUCCIÓN DE CACAHUACINTLE EN EL MUNICIPIO DE CALIMAYA. ....	99
FIGURA 30. GRÁFICO DEL RENDIMIENTO Y PRECIO MEDIO RURAL DE CACAHUACINTLE .....	100
FIGURA 31. DISCOS ARADO.	FIGURA 32. VOLTEADO DE LA TIERRA..... 104

<b>FIGURA 33. IMPLEMENTO SEMBRADORA.....</b>	<b>105</b>
<b>FIGURA 34. APLICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ABONO ORGÁNICO .....</b>	<b>106</b>
<b>FIGURA 36: MODELO SISTÉMICO .....</b>	<b>109</b>
<b>FIGURA 37, COMPOSICIÓN TEXTURAL SANTA MARÍA.....</b>	<b>114</b>
<b>FIGURA 38, COMPOSICIÓN TEXTURAL ZACANGO. FIGURA. 39 COMPOSICIÓN TEXTURAL BONANZA .....</b>	<b>114</b>
<b>FIGURA 40. PERFIL DE HUMEDAD SANTA MARÍA NATIVITAS. ....</b>	<b>115</b>
<b>FIGURA 42. PERFIL DE HUMEDAD DE ZACANGO.....</b>	<b>116</b>
<b>FIGURA 43 DENSIDAD APARENTE</b>	<b>FIGURA 44 DENSIDAD REAL .....</b>
	<b>118</b>
<b>FIGURA 46. RELACIÓN DE PH Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.....</b>	<b>121</b>
<b>FIGURA 47. PH EN PARCELAS DE ESTUDIO .....</b>	<b>122</b>
<b>FIGURA 48. PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA.....</b>	<b>123</b>
<b>FIGURA 49. NITRÓGENO ASIMILABLE .....</b>	<b>124</b>
<b>FIGURA 50. CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES POR SITIO DE ESTUDIO .....</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1. APORTACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO SOBRE MAÍZ .....</b>	<b>30</b>
<b>CUADRO 2. SISTEMATIZACIÓN DE MANEJO AGROECOLÓGICO DEL CULTIVO DE ZEA MAYS (MAÍZ) .....</b>	<b>34</b>
<b>CUADRO 3. APORTACIONES DE LOS CASOS DE ESTUDIO SOBRE PAPA, ALGODÓN, CAFÉ Y CAÑA DE AZÚCAR .....</b>	<b>44</b>
<b>CUADRO 4. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR AÑO SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, 2010 Y 2017.....</b>	<b>97</b>
<b>CUADRO 5. CALENDARIO AGRÍCOLA PARA EL CICLO PRODUCTIVO DEL MAÍZ CACAHUACINTLE. ....</b>	<b>103</b>
<b>CUADRO 6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS .....</b>	<b>110</b>
<b>CUADRO 8. VALORES DE DENSIDAD APARENTE EN EL SUELO .....</b>	<b>117</b>
<b>CUADRO 10. CLASIFICACIÓN DE PH DE ACUERDO A LA USDA (1999) .....</b>	<b>120</b>
<b>CUADRO 11. LOS EFECTOS QUE TIENE EL PH:.....</b>	<b>121</b>
<b>CUADRO 12. COMPARATIVO DE REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL MAÍZ .....</b>	<b>128</b>
<b>CUADRO 13. COMPARATIVO ENTRE REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS Y VARIABLES ENCONTRADAS EN CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>130</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1. ENTREVISTA CON PRODUCTORES DE MAÍZ CACAHUACINTLE .....</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO 2 PERFIL TIPO. LOCALIDAD SANTA MARÍA NATIVITAS.....</b>	<b>157</b>

## RESUMEN

Este estudio analiza las condiciones agroecológicas del cultivo de maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas del Valle de Toluca, a través de la calidad del suelo, la identificación de plantas silvestres, la caracterización de prácticas agrícolas y sus efectos en los suelos. El procedimiento consistió en la colecta de muestras de suelo y determinación de los parámetros físicos y químicos en laboratorio; colecta de plantas silvestres e identificación en herbario, aplicación entrevistas a los productores y seguimiento del calendario productivo. Los resultados aportan conocimiento agroecológico sobre la raza de maíz Cacahuacintle desde el enfoque de las ciencias ambientales y procedimientos cualitativos y cuantitativos.

**Palabras clave:** agroecología, maíz, calidad de suelo y prácticas agrícolas.

**AGROECOLOGICAL STUDY OF CACAHUACINTLE MAIZE CULTIVATION, TOLUCA VALLEY, STATE OF MEXICO.**

## ABSTRACT

This study will analyze the agroecological conditions of the Cacahuacintle corn crop in selected plots of the Toluca Valley, Through determination of soil quality, identification of wild plants, characterization of agricultural practices and the effects on the soil. The procedure consists of the collection of soil samples and determination of the physical and chemical parameters in the laboratory, Collection of wild plants and identification in herbarium, application of interviews to producers and monitoring of the productive calendar. The results provide agroecological knowledge about the Cacahuacintle maize breed, from the perspective of environmental sciences and qualitative and quantitative procedures.

**Keywords:** agroecology, maize, soil quality and agricultural practices



## INTRODUCCIÓN

El estudio agroecológico del cultivo de maíz Cacahuacintle, en el valle de Toluca sitúa las líneas de atención de los proyectos 107956 FONSEC-SEMARNAT y UAEM-4145/2016SF.

La importancia de la investigación radica en las particularidades agroecológicas que distinguen al cultivo en el valle de Toluca, región centro de la diversidad de la raza de maíz Cacahuacintle. El objetivo delimitó analizar las condiciones agroecológicas del cultivo de maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas del municipio de Calimaya, valle de Toluca, Estado de México.

A través de un diseño de investigación mixto y procedimientos cualitativos y cuantitativos, se caracterizan los componentes geográficos del municipio de Calimaya, por medio de sistemas de información geográfica; determinación de la calidad de los suelos en parcelas cultivadas con maíz Cacahuacintle, por medio de muestreo de suelo y parámetros físicos y químicos en laboratorio, identificación de las especies de plantas silvestres en las parcelas cultivadas, por medio de colecta e identificación en herbario, descripción de las prácticas agrícolas y los efectos en los suelos, por medio de entrevistas y seguimiento del calendario productivo.

La investigación se compone de cuatro capítulos, el primero desarrolla los fundamentos de la investigación, los antecedentes y el diseño del plan de investigación, el capítulo segundo, la metodología y el marco teórico que consiste en la revisión de estudios de caso, los enfoques de investigación y conceptualización de las variables de investigación: calidad de suelo y prácticas agrícolas, se caracterizan los componentes geográficos y describen los componentes socioeconómicos del municipio de Calimaya, por medio de cartografía propia y datos censales y de producción.

El capítulo tercero presenta los resultados que analizan las prácticas agrícolas, la colecta de plantas y la evaluación de los parámetros de calidad de los suelos, por medio de la información obtenida en el trabajo de campo y el análisis de laboratorio de las muestras de suelo. En el capítulo cuatro se encuentran la discusión de resultados, las conclusiones, y finalmente la bibliografía y los anexos.

## FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Antecedentes

En el mundo existen diferentes maneras de hacer que el campo produzca, la agricultura mecanizada y la tradicional, el éxito de la primera consiste en producir mayor cantidad de alimento, disminuyendo el tiempo de producción, y ha logrado crear productos más resistentes, modificándolos genéticamente, estos sistemas han dado resultados productivos exitosos, pero también son los que de acuerdo a Haberl (*et al*, 2004) más compiten por espacio; poniendo en peligro el conocimiento ancestral, la biodiversidad y la calidad de los suelos, erosionando y contaminando el suelo, base de la productividad; pues estos sistemas, al buscar satisfacer la demanda abusan y degradan los recursos naturales de los que dependen (suelo, agua, biodiversidad) y han incrementado la dependencia a los productos químicos y al uso de energías no renovables (Gliessman, 2002).

Desde el punto de vista alimentario, social, cultural y económico el cultivo más importante en México es el maíz, se cree que el maíz fue domesticado hace aproximadamente 8000 años (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT] 2017). Es importante no solo por ser base de la alimentación, sino de nuestra historia, y cultura.

El 2.7% de la producción de maíz en el mundo (23 millones de toneladas en 2010) se produce en México, lo que lo sitúa el 4º lugar de producción a nivel global, el primer lugar lo ocupa Estados Unidos, segundo China y tercero Brasil. En México una persona consume en promedio 123 kg de maíz por año, superando el consumo promedio mundial (16.8 kg per cápita). El maíz es un cultivo clave en producción y consumo de los mexicanos, por lo que es necesario conocer, identificar y dar seguimiento a los diferentes indicadores productivos y de efectividad (rendimiento por hectárea) en el país (AgroDer, 2012).

El año promedio 2008/2010 existió un déficit de 298 y 1,212 mil toneladas en los mercados de maíz blanco y amarillo, respectivamente, los resultados indicaron que la producción potencial del Estado de México es de 1.98 millones de toneladas, es decir, 413 mil toneladas más que la oferta observada en el año promedio 2008/2010 (Ramírez-Jaspeado & García-2014, p. 13).

Cuando disminuye la actividad biológica en los suelos debido a la disminución de procesos naturales la única manera seguir produciendo es usando y aumentando cada vez más nutrientes artificiales y pesticidas, lo que implica crecientes costos ambientales y económicos. Las condiciones geográficas, climáticas y las tecnológicas condicionan la biomasa cosechada y los cultivos (Altieri, 1991 p. 19, citado por Collins & Qualset 1999).

La agricultura actual se caracteriza de manera general por plantaciones en grandes extensiones, cultivo de una sola especie, riego, uso de agroquímicos e ingeniería genética debilitando la diversidad biológica de los ecosistemas, disminuyendo *“su capacidad de proveer de servicios ecosistémicos fundamentales (ciclo biogeoquímico de los nutrientes, control biológico, regula los microclimas y los procesos hidrológicos,) más allá de la sola producción de alimentos”* (Gliessman, 1998, p.3).

La preocupación por la destrucción de los recursos naturales y los ecosistemas en su vertiente agrícola, y la baja rentabilidad de los sistemas de producción, reorienta los estudios hacia la agricultura sustentable. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas, como unidades de estudio que se analizan como un todo, interesa no solo la maximización de la producción, sino la optimización del agroecosistema (Orozco, 2010).

De acuerdo con Gliessman (2001), hoy en día la agricultura va más allá de producir para obtener el mayor beneficio económico, ahora se concibe como un sistema, con flujos de interacción donde se mezclan componentes socioeconómicos y ambientales. La preocupación va más allá de ¿qué? y ¿cuánto? se produce, también es importante saber ¿cómo? se produce y las posibles repercusiones de ese sistema productivo.

Los estudios integrales son vitales para lograr un equilibrio entre el consumo, la producción y la conservación de los recursos. Diversos estudios se han realizado ligados a la producción agrícola, la conservación de semilla, volumen de la producción, cambios de uso de suelo, abandono de superficie agrícola, de algunos años a la fecha comienzan a surgir estudios integrales, donde se contemplan no solo los factores físicos y biológicos de los cultivos, sino también los aspectos sociales y culturales que influyen en los procesos productivos, el enfoque agroecológico se hace presente en diferentes cultivos, entre ellos diferentes razas maíz, pero pocos se han encontrado acerca del maíz Cacahuacintle.

El maíz es el cultivo primordial para la economía y alimento básico en la dieta de los mexicanos y los mexiquenses. La crisis del maíz en el Estado de México se caracteriza por su itinerante posición en el volumen y valor de la producción, los estados de Sinaloa, Jalisco y Chiapas ocupan las primeras posiciones en superficie cosechada y valor de la producción (SAGARPA-SIAP, 2012).

La estructura de la superficie sembrada y cosechada de maíz, indica que, la modalidad en temporal está llegando a su límite, en tanto, la superficie de riego-temporal (mixta) se ha colocado en el primer lugar en el cultivo de maíz grano. Este fenómeno se explica en el contexto de la intervención del gobierno en la creación del entorno productivo que la competitividad exige, el cual se caracteriza por la polarización de los apoyos a favor de las tierras con potencial agrícola alto y la intensificación del proceso de producción basado en el uso de semillas híbridas y los agroquímicos (Orozco & Peña, 2012).

Superar las limitantes para incrementar los rendimientos y la competitividad en los mercados, plantea la prioridad del Programa de Alta Productividad de Maíz y Granos Básicos, dirigido a aquellas áreas de mayor potencial agrícola, se les apoya con insumos para la siembra, asesoría técnica, fertilizantes, capacitaciones y mejoras técnicas entre otros (GEM-SEDAGRO, 2013:1), en la experiencia de los grandes productores de maíz, el manejo de la tecnología proyecta riesgos ambientales de largo alcance (Díaz *et al*, 2009).

Los riesgos ambientales y los procesos productivos pueden ser estudiados a partir de las ciencias ambientales, debido a que estas, buscan conocer las relaciones que tiene el ser humano-naturaleza, y los efectos de estas relaciones; el análisis y resolución de problemas ambientales desde una perspectiva científica multidisciplinaria. Este enfoque será quien enfrente los nuevos retos de la sociedad y su ambiente.

Existen razas de maíz (*Zea mays*) que se cultivan por encima de los 2000msnm; el Palomero Toluqueño, Amarillo, Cónico, Toluqueño, Cónico, Chalqueño y Cacahuacintle, y los estados productores son: Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala que siembran 3.5 millones de hectáreas, de las cuales el 95 % es sembrada con criollos de raza Cónico y chalqueño y hasta los 90's el maíz blanco también (González *et al*, 2006).

## Justificación

El estudio agroecológico del cultivo de maíz Cacahuacintle, en el valle de Toluca se sitúa en las líneas de atención de los proyectos del cuerpo académico consolidado: Estudios Territoriales y Ambientales (CAETA): Cambios de uso del suelo, inducidos por actividades agropecuarias en ecosistemas terrestres templados y cálidos del Estado de México: impactos locales y emisiones globales de gases de efecto invernadero. CONACYT-SEMARNAT 107956 y Propuesta Metodológica para el Análisis de la Resiliencia Agrícola ante Eventos Climáticos Extremos, UAEM-4145/2016SF.

La importancia de esta investigación radica en escasos estudios agroecológicos sobre el maíz Cacahuacintle. Las particularidades agroecológicas que distinguen el cultivo comprenden altitudes superiores a 2000 msnm, temperatura semifrías y suelos de origen volcánico, con buena filtración. Estas características propias de valles altos del centro del país, destacan al valle de Toluca, región considerada el centro de diversidad de esta raza de maíz, que también se produce en la localidad los “Llanos de Serdán” en el estado de Puebla y diferentes localidades de los estados de Hidalgo y Tlaxcala también (González *et al*, 2008 ; CONABIO 2010).

## Contribución

Aportar conocimiento agroecológico sobre la raza de maíz Cacahuacintle desde el enfoque de las ciencias ambientales y por medio de procedimientos cualitativos y cuantitativos.

## Planteamiento

El estudio de González (*et al*, 2006) maneja datos de que el maíz Cacahuacintle en la región de Toluca se siembra en un aproximado de 20,000 ha para la producción de elote y 10,500 ha para la producción de

“pozole”, con un rendimiento entre 2,000 y 4,000 kg ha<sup>-1</sup> y es así como se comercializa, poniendo énfasis que en los últimos cuatro años (2003), el precio por kilogramo fue de entre \$2.0 a \$9.50, y de entre 2,000 y 9,500 pesos por tonelada y el potencial del maíz como hortaliza en 20,000 y 30,000 elotes de alta calidad por hectárea (p. 256). Estos autores en la fecha del estudio apuntan en el valle de Toluca, que el rendimiento del maíz Cacahuacintle fue de 4000 kg ha<sup>-1</sup>, estiman con base a otros estudios, que el incremento en los rendimientos representó 300% y que se desconocen las causas que han contribuido al incremento de su productividad.

En el mismo horizonte de tiempo Bonifacio (*et al*, 2005) señalan que el cultivo de maíz Cacahuacintle “constituye una actividad agrícola importante, más rentable que el cultivo de maíz blanco” (p.2). En el ciclo agrícola 2015, en el valle de Toluca el maíz Cacahuacintle se sembró en una superficie de 5,404.63 hectáreas, represento 1% de la superficie total sembrada de maíz en la entidad (540,463.76 hectáreas). En esta región los municipios de Calimaya y Mexicaltzingo son los que más producen MC (maíz Cacahuacintle), el más importante es Calimaya, en 2015 se sembraron 3,970 has o 74% de la superficie sembrada de Cacahuacintle en el Valle de Toluca. El rendimiento 5,000 kg o 5 toneladas ha<sup>-1</sup> y un precio medio rural/tonelada de 4,572.02 (SIAP, 2015). Los datos expuestos por González (*et al*, 2006) y los datos 2015, advierten que la superficie sembrada de MC en el Valle de Toluca se ha reducido, datos recientes muestran que el precio ajustado al mercado internacional se ha estandarizado para todas las variedades de maíz en México. En Calimaya la superficie sembrada de MC en el período 2004-2015 se mantuvo en un promedio de 3,845.48 hectáreas, expresa que no ha tenido incremento significativo, el rendimiento se ha incrementado y el precio por tonelada es considerado bajo por los productores. Algunos terrenos agrícolas se venden para crear zonas habitacionales y en otros se extrae material para la construcción, lo que podría estar incidiendo en la reducción de la superficie agrícola.

Ramos (2013) menciona que el MC se desarrolla en temperaturas semifrías, altitudes elevadas y suelos con buena filtración, Sarmiento (2011) coincide en que estas condiciones particulares, influyen en el precio de mercado, los productores locales están más preocupados por los precios y la comercialización del grano, que por las condiciones ecológicas en las que se produce el maíz. Lo anterior ubica la importancia de analizar las condiciones agroecológicas del MC en parcelas seleccionadas del municipio de Calimaya, interesa saber cuál es la influencia del entorno biótico, abiótico y social, en el desarrollo del cultivo y de qué manera las prácticas agrícolas afectan al suelo.

## Pregunta de investigación

¿Cuáles son las condiciones agroecológicas del cultivo de maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas del municipio de Calimaya, Valle de Toluca, Estado de México?

## Hipótesis

Si realmente las condiciones agroecológicas del cultivo de maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas, están determinadas por la altitud, la calidad del suelo y las prácticas agrícolas.

## Objetivo general

Analizar las condiciones agroecológicas del cultivo de maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas del municipio de Calimaya, valle de Toluca, Estado de México, desde un enfoque holístico para identificar cuáles son los factores que las determinan y dan su particularidad al cultivo.



## Objetivos particulares

Caracterizar los componentes geográficos del municipio de Calimaya, por medio de sistemas de información geográfica (ArcGis 10.x).

Determinar la calidad del suelo en parcelas cultivadas con maíz Cacahuacintle, por medio de muestreo de suelo y parámetros físicos y químicos en laboratorio.

Identificar las especies de plantas silvestres en las parcelas cultivadas con maíz Cacahuacintle, por medio de colecta e identificación en herbario.

Describir las prácticas agrícolas y efectos en parcelas cultivadas con maíz Cacahuacintle, por medio de la aplicación de entrevistas y seguimiento del calendario productivo.

# CAPÍTULO I

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO AGROECOLOGICO DEL MAIZ CACAHUACINTLE**

*“Lo que hay que considerar en toda reflexión teórica es, sin duda, la definición del objeto de estudio, pero como ocurre en el lenguaje común, las palabras poseen diversos significados, según el contexto donde se apliquen y utilicen”(Tesser, 2000, p. 19).*

# CAPÍTULO I.

## 1.1 Antecedentes

El maíz es mencionado históricamente como dador y sustento de vida:

*“Entonces fueron molidos el maíz amarillo, el maíz blanco, y Antigua Ocultadora hizo nueve bebidas. El alimento se introdujo [en la carne], hizo nacer la gordura, la grasa, se volvió la esencia de los brazos, de nuestras primeras madres, padres; solamente mazorcas amarillas, mazorcas blancas, entraron en su carne”<sup>1</sup>*

Para FIRA (2000) El maíz es el producto con mayor identidad en nuestra cultura, los pueblos de Mesoamérica lo relacionan con su origen, como el pueblo maya, a quienes se les nombró hombres del maíz. Existen diversas investigaciones que establecen a Mesoamérica como el centro de origen del maíz, el primer maíz conocido como “teocintle” era un grano muy similar al maíz que ahora conocemos, crecía de manera natural, se encontró evidencia que ya crecía desde hace cinco mil años, principalmente en México y Centroamérica, y que fue México el primer centro de domesticación y esparcimiento (INEGI, 1997), CONACYT, CONABIO Y FAO mencionan una antigüedad de domesticación de ocho mil años.

Maíz es una palabra de origen prehispánico que significa “lo que sustenta la vida” es una forma doméstica del teocinte (*Zea mays ssp Parviglumis*) pertenece a la familia de las gramíneas y su nombre científico es *Zea mays*, (Benítez & Pfeiffer 2006). Son muchos los trabajos y las perspectivas desde las que se ha abordado este cultivo, es quizás la planta más estudiada, debido a su uso en la alimentación, industria, medicina y ornato, en muchas culturas (Ruiz *et al*, 2013). En México es el cultivo principal por ser la base de su alimentación y parte fundamental de su historia. La variedad del maíz

---

<sup>1</sup> Popol Vuh

se encuentra unida al conocimiento, las prácticas, y forma de vida de los campesinos, y su clasificación pudiera estar ligada a las mismas. Los estudios para clasificarlas datan de 1989, en 1997 INEGI reconocía 25 razas; actualmente se reconocen 59 (Cárcamo *et al*, 2011).

Es posible encontrar plantas de este cereal con características diferentes, debido a la adaptación que surge de la siembra en casi todo el mundo. Su ciclo de vida puede ser semestral cuando tiene riego, y anual cuando es de temporal, se reproduce por polinización, es una planta monoica que tiene partes masculinas y femeninas (Conacyt, 2017). La planta de maíz mide entre 2 y 2.5 metros normalmente, es planta de un solo tallo del que salen hojas, puede llegar a tener más de 25, algunas de estas hojas terminan en la inflorescencia que da como resultado una mazorca cubierta por hojas también. La parte superior termina en la inflorescencia masculina, tiene una espiga con flores que son las que producen el polen (Paliwal, 2001). De acuerdo con Ospina (2015) para un buen desarrollo del cultivo es necesario conocer las “condiciones ideales óptimas” y los factores que intervienen en su crecimiento y desarrollo.

El maíz para lograr su desarrollo necesita una precipitación de entre 500 y 800 mm, esto va a depender del clima. Prefiere precipitación anual de 700 a 1100 mm, su requerimiento promedio de agua por ciclo es de 650 mm, y los periodos donde más requiere agua es el espigamiento, formación de la mazorca y el llenado del grano, la temperatura optima esta entre los 18° C y 21 °C. Requiere sol, la intensidad óptima de luz está entre 32.3 y 86.1 lux<sup>2</sup> luz, se desarrolla mejor en suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos textura ligera a media. El maíz requiere de una profundidad de suelo de 30 cm, en suelos profundos las raíces se extienden hasta 2m

---

<sup>2</sup> Unidad del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m<sup>2</sup>. Se usa en la fotometría como medida de la iluminancia, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad del ojo humano a la luz.

pero el agua realmente se absorbe el 100% en el primer horizonte del suelo entre 1 a 1.7m de profundidad, es moderadamente sensible a la salinidad, el pH óptimo está entre 5.5 y 7.5, requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Ruiz *et al*, 2013).

Las características del maíz Cacahuacintle son: granos de color blanco, textura harinosa y gran tamaño, se produce principalmente en localidades del Estado de México, Puebla, Tlaxcala Y Guerrero. Su origen se encuentra en altitudes que están sobre los 2500 msnm en el centro de México, en la ladera noreste del volcán Xinantecátl se encuentra la mayor diversidad genética de esta raza, entre los 2,600 y 2,900 msnm (Ramos, 2000 p. 6, citado por Téllez-Silva *et al*, 2016). Tiene gran adaptación a suelos de ando, particularmente en el Valle de Toluca, esta raza se siembra en altitudes elevadas y temperaturas más bajas de México, por su morfología es más susceptible a pudrirse, hay de grano negro y azul pero el más abundante es blanco. Su morfología se ha adaptado a estos climas, sus hojas son anchas y caídas para tolerar las granizadas (CONABIO, 2010).

En este apartado se hace *revisión de diecisiete trabajos*, a través de distintos enfoques, once sobre el maíz y seis tratan cultivos comerciales, la papa, el café, algodón y caña de azúcar. Se recuperan los procedimientos metodológicos y las variables de estudio.

## 1.2 Casos de estudio

### **La agricultura campesina de los mayas en Yucatán**

Moya (*et al*, 2003) analizó en la comunidad de Xohuayán el sistema de milpa basada en el policultivo, maíz (*Zea mays*), camote (*Ipomoea batata*), calabaza (*Cucurbita moschata*) y leguminosas (*Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus*, *Vigna spp*), alerta sobre la amenaza en el sistema de siembra del maíz, pues los periodos de descanso del suelo se han visto reducidos (de 20 a menos de 7 años), la menor diversidad de cultivos expresa la reducción de la

productividad y la fertilidad del suelo. Los periodos de lluvia erráticos aumentan el riesgo de pérdida de cosecha, la caída de los precios del maíz por debajo del costo productivo, las políticas públicas incorporan soluciones que no se adaptan al sistema milpero, introduciendo fertilizantes químicos y semillas híbridas, los cambios de uso de suelo (sedentarización e inversiones individuales en ellas), debilitamiento del papel de las instituciones mayas, el «uso común» de la tierra, o la asamblea ejidal, en la evaluación se aplicó el método MESMIS y el método sistemático, estos compatibles con la racionalidad de los campesinos y la comunicación y negociación entre los actores sociales que tienen interés.

Los agroecosistemas se conciben como los sistemas agrícolas creados por el hombre con el objeto de utilizar los recursos de manera sustentable y amigable obtener productos de consumo o transformación, ya sea vegetal o animal. Utilizan la energía solar, la conservación y el reciclaje de recursos minerales, para mantener el suelo del agroecosistema. La milpa se interpreta es un sistema complejo, integrado por prácticas, conocimientos y valores, las que se diferencian en ambientales, socioculturales y económicas. Para evaluar la sustentabilidad del sistema milpero se utilizaron las variables: a) eficiencia, b) estabilidad c) rendimiento y d) adaptabilidad al entorno.

Cada campesino encuentra soluciones diferentes para usar sus recursos y se adaptan a circunstancias particulares, los espacios y el conocimiento sobre las posibilidades de su entorno, lo que hace al sistema energéticamente eficiente, para producir los cultivos. Los resultados encontraron diversas variantes de milpa, la tradicional, modernizada, ecológica, labranza cero. Estos esquemas de manejo resultan de la combinación de diferentes elementos: variantes de manejo, tipo de milpa, diferencia entre factores físicos y geográficos, suelo, clima, estación del año, etc. Los campesinos logran diferenciar los micros hábitats y hacer un uso

eficiente de ellos, intercalando cultivos como leguminosas con el maíz las leguminosas aportan materia orgánica, controlan la maleza y retienen la humedad, es decir, mejoran los niveles de fertilidad del suelo (estabilidad).

Los campesinos encontraron que, en las milpas de labranza, que se encuentran con pendiente y en suelos rojos (*luvisoles*) existe mayor cantidad de materia orgánica mientras que los suelos mecanizados presentaron menor contenido. Los suelos de la milpa «arado» presentaron mejores condiciones de actividad microbiana, y mejores contenidos de nutrimentos, P y K.

En la comunidad se han apropiado de la práctica de cultivos de cobertura. La eficiencia se observa en la reducción de tala para abrir nuevos cultivos, reducción de las quemas, menor inversión en mano de obra para controlar las malezas. Los rendimientos estas milpas son mayores que otras en Yucatán, esto se debe al manejo de los campesinos locales en los distintos microambientes, sin embargo, las prácticas efectivas en suelos de tres variantes de milpa no resuelven el problema de los sistemas tradicionales, a pesar de que se encontraron conocimientos y prácticas que limitan los daños, la práctica de la quema debilita los suelos agotando sus nutrientes.

#### **Evaluación de tierras: un estudio de caso para maíz en Jalisco**

La evaluación de tierras cultivadas con maíz en Jalisco, dentro del Programa Municipal de Alta Producción de Maíz del Gobierno del Estado de Jalisco, partió de la falta de información sobre la calidad de la tierra para sembrar maíz de alto nivel tecnológico. El objetivo, desarrollar una evaluación de tipo agroecológico y evaluar las tierras para una producción de temporal y mecanizada (Larios & Nuño, 1995). La evaluación se realizó mediante una zonificación agroecológica (Ortiz & Cuanalo, 1978), utilizando interpretación por medios remotos, cartografía y análisis del paisaje.

La capacidad la siembra de maíz se determinó con base en el Proyecto de Zonas Agroecológicas de la FAO (1981), con adaptaciones hechas para México por diversos autores con énfasis en este cultivo.

La estrategia de la evaluación consideró la importancia del municipio de Tlajomulco y el nivel tecnológico alto (producción comercial), se realizaron recorridos y muestreos de sitio, entrevistas dirigidas a productores, técnicos y funcionarios. La evaluación de las tierras se dividió en dos fases: agroclimática y la agroecológica de los aspectos físicos de la tierra. En la primera fase se utilizaron datos de precipitación, evapotranspiración potencial y disponibilidad de humedad para maíz. Integrando los análisis climático y edáfico se desarrolló de manera práctica la evaluación agroecológica a través de la sobre posición del plano de valoraciones edáficas y agroclimáticas, el resultado fue el plano de suficiencia agroecológica en la siembra de maíz con nivel tecnológico alto.

El resultado fue las condiciones climáticas, son ideales para el desarrollo de los cultivos C4 entre estos se encuentra el maíz. La relación de las exigencias y disponibilidad de recursos revelo que hay buena compatibilidad y el ajuste entre los requerimientos agroecológicos y los recursos agroclimáticos. Las condiciones edáficas consideradas, por el impacto que ejercen, fueron tipo de suelo, fases físicas, pendiente y textura. Los resultados mostraron que su adaptación se relaciona con la morfoedafogénesis y profundidad del suelo. Resultó que solo el 36% presenta condiciones para la producción, y que ya coinciden con las zonas que producen, pero no se ha explotado todo su potencial; el método utilizado permite evaluar el potencial de las tierras, información de utilidad para la planificación agrícola.



### **Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz**

En Colombia se evaluó el uso eficiente de energía de la leguminosa *M. pruriens* (frijol terciopelo) como alternativa manejo para fertilidad del suelo en un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en zonas de ladera, con el objetivo de validar la tecnología bajo distintas condiciones agroecológicas (Sanclemente; Patiño & Beltrán, 2012). El procedimiento comprende la caracterización geográfica del sitio, descripción del suelo, evaluación de la textura, y análisis químicos pH (H<sub>2</sub>O), Nitrógeno total, Nitrógeno orgánico Fosforo, Calcio, Magnesio. En una parcela experimental de 20 m<sup>2</sup> se evaluaron siete tratamientos en los que utilizó *M. pruriens*, en combinaciones de abono verde, acolchado orgánico sin fertilizar, fertilizado con abono orgánico compostado y fertilizante de síntesis química. Se utilizaron 70 kg de abono por hectárea, después se incorporó in situ la biomasa vegetal como abono verde.

Los resultados indican que las alternativas para el manejo de fertilidad de suelo, los acolchados y los abonos verdes ayudan a usar de manera eficiente los recursos energéticos, sobre todo, los derivados de la biomasa verde también mejoran algunas propiedades del suelo y lo protegen de la erosión. Se obtuvo mayor balance energético en donde se intercalo abono de *M. pruriens* con el maíz. El tratamiento donde se usó el abono verde de *M. pruriens* en rotación con maíz, obtuvo los mayores valores de balance energético.

### **Calidad pozolera en poblaciones de maíz cacahuacintle de los valles altos de Puebla, México.**

Hernández (*et al*, 2014) plantearon el objetivo de identificar poblaciones sobresalientes en calidad para pozole (CPP) en colectas de maíz Cacahuacintle de Valles Altos de Puebla (MCVAP). Apuntan a los nichos ecológicos en los que se desarrolla el maíz Cacahuacintle y su poco estudio

de calidad del grano, aun cuando en la gastronomía mexicana está posicionado como una opción rentable para los agricultores (p 703). Las zonas de estudio se ubicaron en poblaciones del Estado de México, se utilizó Cacahuacintle, maíz cónico y ancho. Se evaluaron todas las poblaciones, se encontró diferencia entre el Cacahuacintle y el maíz ancho en el perfil viscoamilográfico.

#### **Calidad pozolera en colectas de maíz cacahuacintle**

Bonifacio (*et al*, 2005) menciona las características del Cacahuacintle, color, tamaño, textura harinosa, y que su producción se confina a localidades del Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Su origen y la altitud a la que se desarrolla. Encontró la mayor diversidad genética interracial localizada en una pequeña área de laderas nororientales del Nevado de Toluca, entre los 2 600 y 2 900 m., que por ser un tipo de maíz muy específico ecológicamente los productores tienen un mayor mercado. Los autores evaluaron la calidad pozolera de 21 colectas de maíz (*Zea mays* L) Cacahuacintle, en tiempo de reventado, porcentaje de levantamiento y su composición morfológica y física. Las formas dominantes de mazorca entre las colectas fueron cónicas y cilíndricas. Se identificó el grano en 4 formas y la relación con el TCR.

#### **Diversidad fenotípica del maíz cacahuacintle en el valle de Toluca, México**

González-Huerta (*et al*, 2006) analizó la diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México. Se siembran 20 000 ha en el Valle de Toluca para la producción de elote y 10 500 ha para la producción de “pozole”. El rendimiento y el precio en el mercado le han dado permanencia, los agricultores hacen selección visual para sembrar (p 255).

En 1999 se evaluaron 30 poblaciones en tres localidades del Valle de Toluca, Estado de México, se analizó el número de hileras, la mazorca, y su genotipo. La variedad genética permite hacer selección para el mejoramiento del maíz, reducir la altura, la mazorca, número de hileras, todo esto aumenta el rendimiento.

**Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes de maíz cacahuacintle**

Gonzalez Huerta (*et al*, 2008) en el año 2001 estimaron la variabilidad genética, diversidad fenotípica y poblaciones sobresalientes de Cacahuacintle. Se evaluaron 34 poblaciones, donde se encontró baja variabilidad genética (p. 297).

**Cuadro 1. Aportación de los casos de estudio sobre maíz**

Caso de Estudio	Enfoque	Metodología	Variables	Conclusiones
1. La agricultura Campesina de los mayas (Moya <i>et al</i> 2003)	Agroecológico	Marco MESMIS	Cultivo: Eficiencia, estabilidad, rendimiento y adaptabilidad al entorno, distintas variantes de milpa, diferentes cultivares de maíz y otras plantas, distintas épocas del año. Suelo: tipos de suelo, sectores territoriales en el ejido,	Intercalan leguminosa de cobertura, mayor rendimiento, explicado por el manejo de los microambientes, insumos y prácticas agrícolas
2. Evaluación de tierras: un estudio de caso para maíz en Jalisco (Larios & Nuño 1995.)	Agroecológico	Zonificación agroecológica fotointerpretación, análisis cartográfico y estudio del paisaje. Evaluación y zonificación Muestreo y entrevistas dirigidas	Clima (precipitación, evapotranspiración) Suelo: (humedad, tipo de suelo, pendiente, textura fases físicas) Cultivo: manejo técnico de cultivos. importancia en la zona, producción comercial)	La adaptabilidad del suelo se relaciona con la pendiente del relieve y profundidad de suelos. Bajo las mismas condiciones climáticas el crecimiento va en función de las características fisiogeográficas.
3. Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz ( <i>Zea mays</i> L. (San Clemente <i>et. al</i> 2012)	Agroecológico	Caracterización geográfica, descripción del suelo.	Suelo: textura, y análisis químicos pH (H <sub>2</sub> O), Nitrógeno total, Nitrógeno Orgánico Fosforo, Calcio, Magnesio. Clima: Temperatura ambiental, altitud, humedad relativa del aire, msnm Cultivo: fertilizantes, trabajo humano, herbicidas, insecticidas y producción (kg	Los acolchados y los abonos verdes ayudan a usar de manera eficiente los recursos energéticos, sobre todo, los derivados de la biomasa verde también mejoran algunas propiedades del suelo y lo protegen de la erosión.
4. Calidad pozolera en poblaciones de maíz Cacahuacintle de los Valles Altos de Puebla,	Mejoramiento genético	Muestreo estratificado aleatorio en 25 poblaciones	Características morfológicas y físicas del grano	En Puebla puede considerarse el grano pozolero de mejor calidad, por presentar mayor equilibrio en

México(Hernández <i>et al</i> , 2014)				las variables de calidad consideradas.
5. Calidad pozolera en colectas de maíz Cacahuacintle(Bonifacio <i>et al</i> , 2005)	Mejoramiento genético	21 colectas de maíz, determinación de parámetros físicos, químicos y morfológicos	Forma, tamaño, peso, densidad, espesor de pericarpio, tiempo de cocción, porcentaje de granos reventados y volumen de expansión	Se identificaron cuatro formas de mazorca. Las formas generales de grano fueron: apastillado triangulado, alargado apastillado, redondeado y redondeado globoso.
6. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México (González-Huerta <i>et al</i> , 2006)	Mejoramiento genético	Colecta de maíz al azar. Preparación de suelo con barbecho y fertilización	Altura de la planta (AP), altura de la mazorca (AM), diámetro (DM), longitud (LM), número de hileras (NHM), peso de olote por mazorca (POM), peso de grano por mazorca (PGM), peso volumétrico del grano (PVG) y rendimiento de grano por parcela (RGP). Con los datos de rendimiento por parcela se calculó el rendimiento en kilogramos por hectárea (RGH).	Detectaron gran variabilidad genética, rendimiento de grano y otras características de planta y mazorca. Se observaron discrepancias en rendimiento, se las atribuyen al origen de las colectas.
7. Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes de maíz Cacahuacintle (Gonzalez Huerta <i>et al</i> , 2008)	Mejoramiento genético	34 razas de Cacahuacintle evaluados al azar repitiendo 3 veces. En cuatro surcos de 6.0 m de largo.	Resultado en la posibilidad de conseguir mejoramiento en la planta, altura (m) número de mazorcas cosechadas, diámetro longitud, número de hileras, peso de olote, peso volumétrico del grano, y rendimiento de grano en toneladas por hectárea.	Los resultados indicaron que es posible la obtención de variedades de menores alturas de planta y mazorca, mayor diámetro de mazorca y mayor rendimiento de grano.
8. Manejo agroecológico del cultivo de maíz (González, R. 2012)	Agroecológico	Entrevistas, elección del terreno y análisis de los fenómenos vinculados a la siembra	Etapas del cultivo, clima, prácticas agrícolas, efecto de plagas, efectos de residuos agrícolas, efectos económicos	No existen datos actuales sobre clima que ayuden a la toma de decisiones. Se encuentra una relación directa entre la humedad y las plagas. Y poco avance tecnológico en el uso y aprovechamiento de residuos agrícolas.

9. EL maíz Cacahuacintle y el régimen de protección especial del maíz estudio de caso: Santa María Nativitas, municipio de Calimaya, (Sarmiento 2010)	Socioeconómico	Investigación documental, encuestas, cuestionarios	Producción, comercialización, valor agregado, preservación	Las semillas nativas contrarrestan de mejor manera las inclemencias de su hábitat y satisface aspectos productivos, alimenticios.
10. Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico (Damián-Huato 2010)	Agroecológico	Muestreo, encuesta, índice de apropiación de tecnología, tipología de productores, análisis estadístico	preparación de la tierra, selección de semillas, siembra, limpia y fertilización	El manejo del maíz en el estado de Tlaxcala es esencial el empleo de tecnologías campesinas, que resultaron ser más productivas que las tecnologías basadas en el uso de insumos modernos que aceleran el deterioro de los recursos humanos y naturales

Fuente: Elaboración propia basada en estudios de caso.

### **Manejo agroecológico del cultivo de maíz**

González (*et al*, 2012) en el informe sobre el manejo agroecológico del cultivo de maíz en Tocarón Venezuela, la agroecología aporta la visión holística de los sistemas agrícolas, para lo cual se requiere información y conocimiento de diversas temáticas. Se observa el comportamiento con respecto al manejo agroecológico del cultivo extensivo, *Zea mays* (maíz). La unidad de producción tiene suelos con textura, franco arcillo limoso, su infiltración es lenta y tiene poca permeabilidad, pH mayor a 8, lo que provoca deficiencias en la fertilidad. Se realizaron visitas de campo, conversatorios, entrevistas, recopilación procesamiento y análisis de datos, sistematizando el desarrollo de una siembra de *Zea mays* (maíz), en una superficie de 6 ha. Manejadas libres de fertilizantes sin agroquímicos, control biológico y labranza mínima (Cuadro N° 2).

**Cuadro 2. Sistematización de manejo agroecológico del cultivo de *Zea mays* (Maíz)**

<b>Etapas del cultivo</b>	<b>Condiciones climáticas</b>	<b>Efectos climáticos</b>	<b>Labores Culturales</b>	<b>Efecto de Plagas</b>	<b>Efecto de los desechos</b>	<b>Efectos Económicos</b>
Pre-Siembra	Periodo Seco (mese enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre) Periodo lluvioso(meses) Mayo y junio Periodo de exceso de humedad(meses) Julio, agosto, septiembre y Octubre	Determinar el momento de siembra	Selección de terreno Preparación del terreno Selección de y manejo de la semilla	Liberación de telenomus (biocontroladores)	Manejo de cobertura vegetal	Demora en cronograma de actividades Ataque e plagas hospedero de la cobertura vegetal
Siembra y primeros quince días		Exceso de lluvia Ausencia de lluvia	Riego Aplicación biofertilización	Liberación de telenomus Aplicación de Bacillus thuringiensis Daños por cortadores perforadores y chupadores		Efectos negativos ataques masivos o ataques de vertebrados plagas
Entre 16 y 40		Exceso de lluvias Ausencia de lluvia Vientos	Aporque Abonamiento foliar	Evaluación y control por monitoreo		Exceso de lluvia Ausencia de lluvia
Entre 41 días y la cosecha		Exceso de lluvia Ausencia de lluvias	Cosecha		Soca	Resultados de proceso de producción

Fuente: González R. 2012



Para evaluar se consideran el clima, el manejo, uso y destino de los residuos agrícolas, vistos integralmente. La conclusión es que no hay datos actualizados del clima, y a pesar de llevar su producción agroecológicamente no consideran lo anterior. Se evidencio la relación entre el aumento de humedad y el ataque de plagas. Se realizó control biológico de plagas, se mejoró tecnológicamente y se confirmó la ausencia de efectos tóxicos, contrario al aprovechamiento de los residuos. Las recomendaciones son llevar registro de plagas y la utilización del humus de lombriz como fertilizante natural.

**El maíz cacahuacintle y el régimen de protección especial del maíz estudio de caso: Santa María Nativitas, municipio de Calimaya**

Sarmiento (2010) analiza la posibilidad de efectos socioeconómicos del régimen de protección especial del maíz, establecido en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados en Santa María Nativitas, Municipio de Calimaya, Estado de México, donde se produce Cacahuacintle. Los productores reconocen los cambios en el clima, falta de lluvias y periodos secos más largos, lo que afecta la siembra. La preservación y producción de maíz Cacahuacintle está fuertemente ligado con los usos comestibles, pozole, harinas, elote. Calimaya se destaca por su producción nacional, sus características climatológicas y geográficas permiten su producción, y el mantenimiento de esta pues se siembra dese hace mucho, aunque ahora son diferentes y diversos los usos y la cantidad de producción (González, p.128 2006, citado por Sarmiento, 2010).

En los sitios predomina el clima templado semifrío, 22 grados centígrados son las temperaturas más altas que se encuentran, variando a lo largo del año entre 12 y 14 grados. Con presencia de lluvias de mayo a septiembre. Los suelos agrícolas son aluviales y coluviales principalmente Andosoles, el

Feozem y Cambisol también son característicos de la zona. El suelo tiene nitrógeno en concentraciones altas, y de materia orgánica y humus. Se presentan heladas de noviembre a enero, las tardías y las tempranas, en mayo y septiembre respectivamente, son las que mayor daño causan.

Las singularidades que lo ubican como un cultivo privilegiado son su sabor y consistencia, lo convierten en un grano de calidad para el consumo humano. El Estado de México, hasta el año 2006, figuraba, como principal productor nacional de maíz Cacahuacintle, siendo Santa María Nativitas, considerada una de las regiones pioneras en la producción de maíz Cacahuacintle. En 2007, la producción del maíz pozolero en Calimaya, presentó reducción del 47% en comparación con los rendimientos en 2006; en parte se explica por la disminución de la superficie sembrada en el municipio por 45%, en contraste con el año previo. Entre las causas se identifica la presión del crecimiento urbano, construcciones reduciendo superficie productiva, a partir de 2008 no se han superado las 2,800 has. sembradas.

En Santa María Nativitas, datos obtenidos de la encuesta aplicada a una muestra de cuarenta productores, el 8 de febrero de 2009. Según el 63% de los productores encuestados, el grano se cultiva por tradición; el 26% dice que el conocimiento va de padres a hijos, 10% sabe que es un platillo prehispánico, pero desconoce cómo se siembra. La siembra del maíz tiene connotaciones religiosas por lo que siembran quince días después de semana santa, si el culto se retrasa entonces se siembra dos semanas. La siembra es 100% de temporal y se siembra semilla propia de cosechas anteriores intercambiando semilla con familiares y vecinos tratando de no usar la semilla en la misma parcela en que nació. Esto permite conservar la variabilidad genética en la población, al introducir genes de las poblaciones vecinas, la mayoría utiliza tractor para sembrar, pero aún hay quien emplea la yunta, y animales.

El mejor atributo del Cacahuacintle es su destino mercantil, Alberto Ramos (entrevista 2008, Sarmiento, 2010) Menciona que, en “Santa María Nativitas con la selección de grano, han llegado a obtener hasta ocho toneladas por hectárea, sin embargo, el tamaño y la calidad de la simiente se reducen significativamente” (p. 119-120).

La mayoría de la producción es exclusiva para venta, aunque hay quien aparta para consumo y semilla para nueva siembra. Pocos productores conocen otra variedad de grano, hay quienes diferencian: bola, plano, rojo y negro, donde las diferencias principales son en tamaño forma y color. Los problemas principales para los productores son rendimiento, plagas, las sequias, y la explotación y reducción de la superficie agrícola, ya sea para extraer material para construcción o la construcción en sí misma. Existe también la migración en busca de mejores oportunidades, y en la comercialización, pues su precio no es fijo, lo determina la oferta y la demanda (Pérez y Valdivia, 2004, p.153 citado por Sarmiento, 2010).

Lo que más afecta a las variedades del maíz, son cuestiones locales, la migración, la renta y venta de terrenos. Se habla de pérdida de biodiversidad y paradójicamente por las practicas del agricultor posiblemente algunas de las que desaparecen se convierte en otras, por eso se quieren conservar in situ, junto con todas las tradiciones. La ganancia con la venta del grano es uno de los principales motivos de la siembra, pero también consideran que en algún momento se ampliara el conocimiento, en torno a sus propiedades, aplicaciones y derivados optimizando el cultivo. En Calimaya, existen unos 800 productores que se dedican exclusivamente a su cultivo, los programas para la producción son para maíz en general, no hay algo específico para el Cacahuacintle, algunos proyectos de instituciones educativas y de investigación calculo Universidad de Chapingo, el CIMMYT(Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) , Sanidad Vegetal, ICAMEX (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal

del Estado de México), dan pláticas sobre producción de maíz pero no de la variedad de Cacahuacintle.

Ramos (2013) explica que “El mejoramiento genético de la raza de Cacahuacintle por métodos de hibridación y mejoramiento genético por métodos de selección” (p.1) menciona el privilegio de contar con un nicho ecológico y un mercado cautivo, pero este exige calidad. Por lo que su mejoramiento busca obtener mejor tamaño, color y que la producción incremente. Por este motivo, el mejoramiento va encaminado a obtener un maíz de buen tamaño, color e incremento en la producción. Este maíz se destaca por que ha sido preservado por los agricultores al realizar la selección mazal. El flujo de intercambio, debido a la localización de las zonas productivas es mínimo, lo que ha permitido que la variación genética sea muy baja. Los productores debido a esto se han mantenido y conservado el mercado, pues no ha sido desplazado por otro cultivo. Se concluye que la producción de maíz Cacahuacintle es afectada por diferentes problemáticas, clima, mercado, cobertura de siembra, migración y el poco interés por la comercialización o mejoramiento otras variedades nativas.

#### **Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico**

Damián-Huato (*et al*, 2010) se plantearon dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las tecnologías convencionales y agroecológicas que utilizan los productores del estado de Tlaxcala en el manejo del maíz? ¿Cuántos productores de maíz manejan de forma convencional y agroecológica el maíz? ¿Qué impacto tienen estas tecnologías en el mejoramiento de la productividad del maíz? (p. 67). Mencionan que el manejo de cultivo comprende todas las prácticas culturales (agrícolas y las que determinan el rendimiento). Estudian las limitantes del suelo, los beneficios genéticos y el manejo de cultivo, que para el autor es el factor determinante de la producción. De este modo, el manejo y rendimientos de

los cultivos están condicionados por la interacción de múltiples factores que pueden ser: prácticas o técnicas de producción (modificables) y las características del suelo y clima (no modificables), y 2) indirectos: programas institucionales de fomento agrícola; tipo de propiedad, tamaño y ubicación geográfica, economía y demografía.

En este trabajo se estudió el impacto que tienen las formas de manejo convencional o comercial en la productividad del maíz entre productores del estado de Tlaxcala. El modelo tecnológico convencional se caracteriza por el uso de tecnología que satisface la agricultura comercial mediante el uso de insumos agrícolas. Esta tecnología, se generó y la recomienda el Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP); por este motivo, en esta investigación el manejo convencional se define como el empleo adecuado de tecnologías generadas y recomendadas por el INIFAP (2005).

En cambio, el manejo agroecológico deriva del conocimiento campesino. Se refiere a las innovaciones y prácticas de comunidades indígenas aplicados en campos como la agricultura, industria pesca, salud, horticultura y silvicultura, artes. El manejo agroecológico se circunscribe al empleo de tecnologías campesinas, las cuales no se encuentran incluidas dentro del paquete tecnológico del INIFAP. Es importante señalar que en la evolución de la agricultura campesina en México ha incorporado innovaciones derivadas de la “Revolución Verde”. De este modo, en el manejo del maíz interaccionan ambos modelos tecnológicos, sobre todo en aquellas regiones donde predomina la agricultura de temporal.

Las técnicas de investigación empleadas en esta investigación fueron cuatro: La encuesta consistió en un cuestionario con 125 preguntas cerradas mediante. Un muestreo simple aleatorio a 43,274 productores en Tlaxcala,

México. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la siguiente expresión matemática (Gómez, 1977):

$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2}$  n= Tamaño de la muestra N= Tamaño de la población (43,274 productores).  
d= Precisión: 20 kg  $Z_{\alpha/2}$ = Valor de Z en la tabla de la distribución normal estándar para una confiabilidad del 95%.  $S_n^2 = 438.44$  estimada con datos de un muestreo preliminar. El tamaño de la muestra calculada fue de 1770 productores, la cual se amplió a 1884 por la cancelación de algunas entrevistas y para eliminar los cuestionarios inconsistentes.

Con parte de los datos acopiados por medio de la encuesta se cuantificó el índice de apropiación de tecnología agrícola (IATA) para conocer el grado con que los productores manejaron adecuadamente. Resultó que 20.8% de la muestra tuvo un manejo más eficaz empleando tecnología campesina que aquellos que usaron “tecnologías modernas”. Probando que la agricultura tradicional mejora la productividad y beneficia el medio ambiente. En el manejo del maíz en el estado de Tlaxcala es esencial el empleo de tecnologías campesinas las cuales, en las condiciones de los productores estudiados, resultaron ser más productivas que las tecnologías basadas en el uso de insumos modernos que aceleran el deterioro de los recursos humanos y naturales.

El INIFAP es el encargado de generar y recomendar esta tecnología; sin embargo, se encontró que la mayoría de los productores no asume adecuadamente las recomendaciones hechas por el mismo. Se ha demostrado que la tecnología campesina se ha generado en una relación armónica entre el hombre y la naturaleza a través del tiempo, y por esta razón inducen interacciones agronómicas las cuales mejoran la productividad de los escasos recursos empleados por los maiceros. Asimismo, promueven el reciclaje de nutrientes, la biodiversidad, y la relación agricultura-ganadería. Finalmente, otras investigaciones han

demostrado que los sistemas agrícolas campesinos sirven como sumideros de carbono, amortiguando el calentamiento del globo terráqueo.

**Caracterización del potencial agroecológico y socioeconómico de la producción, uso y manejo de semilla de papa (*solanum tuberosum*), en la zona Trifinio, Honduras**

En los Sistemas de producción de cultivos comerciales, se caracteriza el potencial agroecológico y socioeconómico, uso y manejo de semilla, que se obtiene de la caracterización del mercado, para diseñar una propuesta de proceso productivo de vanguardia. (Hernández, 2009). En este estudio se expone que la problemática en los municipios de Sinuapa y Ocotepeque, Honduras, la problemática son los elevados costos para la producción y para controlar las plagas y enfermedades (30%), alcanzando costos de producción que superan \$ 5,000.00 /ha. Una alternativa para disminuir costos de producción es aumentar el acceso a la semilla de alta calidad porque la calidad está directamente relacionada con la sanidad del cultivo. La metodología RAAKS (Análisis Rápido de los Sistemas de Conocimientos Agrícolas) de Salomón y Engel, se basa en la investigación acción participativa, identifica actores, vínculos, limitantes y oportunidades. Se consideró el enfoque de cadena de valor (Fabre, 1994; Herrera, 2000) para identificar elementos críticos o limitantes, fortalezas y capacidades de los productores. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas, información directa de trabajo en campo y talleres participativos.

Las variables evaluadas, incluyen como se almacena, calidad de semilla, manejo y uso de esta, salud del suelo, laboreo y riesgo de contaminación La materia orgánica (MO) se evaluó con la metodología propuesta por PASOLAC (2005). Se identificaron cinco actores: consumidor de semilla (productores) proveedor, proveedor de insumos agrícolas, y el de asistencia técnica y organismos estatales de regulación. El nivel de tecnología utilizada por los productores de papa es bajo y muy homogéneo; en su mayoría preparan el suelo de forma manual, solo 41% de los productores realizan prácticas de

conservación de suelos como barreras vivas. Los contenidos de materia orgánica encontrados fueron con poca presencia de lombrices, los daños de plagas insectiles en el follaje fueron muy bajos. Las prácticas agrícolas realizadas a lo largo del ciclo del cultivo fueron similares, desde la preparación del suelo, siembra, deshierbe, fertilización, aporque, el sistema de riego y prácticas de cosecha. La zona presenta condiciones agroecológicas para implementar un manejo diferente en el cultivo de la papa: suelos, clima y organización socioeconómica. Este modelo productivo, permitiría mejorar la competitividad de los productores y reducir los riesgos de contaminación. Se recomienda capacitación para mejorar las condiciones del suelo y aumentar la materia orgánica, prácticas de conservación y manejo de suelo, reducir el uso excesivo de fertilizantes a través de la investigación participativa.

**El diagnóstico agroecológico de cafetales orgánicos en San Bartolomé Loxicha, Pochutla, Oaxaca**

Villatoro (2014), plantea la inexistencia de diagnósticos de calidad de suelos en los cafetales de Oaxaca. La problemática destaca la disminución de la superficie sembrada de café en el país, Oaxaca ocupa el tercer lugar en superficie sembrada después de Veracruz y Chiapas. La ineficiencia en las prácticas agrícolas se refleja en la baja productividad, debiéndose a los efectos de los fenómenos climáticos que arrastran la capa superficial de materia orgánica dejando el suelo sin protección y vulnerable a la erosión. El estudio comprende el diagnóstico de la calidad de suelo, en cafetales orgánicos en donde existen prácticas agroecológicas determinando el impacto de estas y sugerir recomendaciones para el aumento de producción. Se utilizó la guía “metodología de sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de los cultivos”, elaborada por Miguel Ángel Pérez desarrollada a partir de la propuesta de Altieri y Nicholls “Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos



en el agroecosistema de café, modificando algunos indicadores. Se desarrolló en parcelas de 1 ha.

La Evaluación de la calidad del suelo y salud de los cafetales se hizo mediante indicadores, calidad de suelo, pendiente, profundidad, humedad, cobertura, materia orgánica, y del cultivo apariencia, y crecimiento, resistencia o tolerancia a estrés, incidencia y susceptibilidad a las enfermedades, competencia por malezas, rendimiento actual o potencial con relación al promedio de la zona, diversidad vegetal, monocultivo sin sombra, diversidad natural circundante rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera, sistema de manejo, monocultivo convencional, manejado con agroquímicos.

Mayor variedad de café significa mayor variedad de genes, esto genes podrían ser débiles ante algún patógeno diferente y a características no deseables. Entre los resultados se afirma que la metodología “Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos” permite medir la sostenibilidad en forma comparativa o relativa, lo que permite localizar los sistemas más saludables. Los valores que se obtuvieron entre las parcelas se encuentran por encima del umbral de sostenibilidad, pero las que incluyeron prácticas agroecológicas se encuentran todavía más por arriba.

**Cuadro 3. Aportaciones de los casos de estudio sobre papa, algodón, café y caña de azúcar**

Caso de Estudio	Enfoque	Metodología	Variables	Conclusiones
<p>Caracterización del potencial agroecológico y socioeconómico de la producción, uso y manejo de semilla de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), en la zona Trifinio, Honduras (Hernández, L. 2009)</p>	<p>Agroecológico enfoque de cadena de valor (Fabre 1994; Herrera 2000)</p>	<p>RAAKS (Análisis Rápido de los Sistemas de Conocimientos Agrícolas) (Salomón y Engel 1997) entrevistas semiestructuradas, información directa de trabajo en campo y talleres participativos. (MO) se evaluó utilizando la metodología propuesta por PASOLAC (2005).</p>	<p>Almacenamiento, calidad, y uso de la semilla, salud del suelo y el cultivo. Materia orgánica, laboreo, deshierbe, Plagas y deshierbe (productos, criterios y cantidad de aplicaciones. asistencia técnica y organismos estatales de regulación. El nivel de tecnología utilizada</p>	<p>capacitación para mejorar las condiciones del suelo y aumentar la materia orgánica, prácticas de conservación y manejo de suelo, reducir el uso excesivo de fertilizantes</p>
<p>El diagnóstico agroecológico de cafetales orgánicos en San Bartolomé Loxicha, Pochutla, Oaxaca (Villatoro, 2014)</p>	<p>Agroecología</p>	<p>“metodología de sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de los cultivos”, elaborada por Miguel Ángel Pérez propuesta “Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos en el Agroecosistema de Café”, presentado por Miguel Altieri y Clara Nicholls 2002</p>	<p>evaluación de calidad de suelo y salud de cafetos orgánicos Calidad de suelo: granulometría y disposición, pendiente, nutrientes, profundidad, humedad, color, olor, y materia orgánica, Cultivo: cobertura, como evitar erosión, apariencia, crecimiento y resistencia del cultivo, diversidad vegetal, sistema de manejo</p>	<p>Se obtiene valores que se encuentran por encima del umbral de sostenibilidad, siendo los que encabezan aquellas manejadas agroecológicamente.</p>

<p>El café ecológico amazónico. Alternativa sostenible para los campesinos (Peña &amp; Galindo 2007)</p>	<p>Agroecología</p>	<p>capacitación y organización (Recibido por del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), en producción agrícola ecológica</p>	<p>reciclaje de nutrientes del suelo y producción con la siembra intercalada de productos Identificación de rocas</p>	<p>Los cultivos asociados al café ecológico ayudan a conservar el suelo, agua, diversificando la fauna y aumentado la nutrición del por medio de la re-mineralización, el café es una planta de bosque naturalmente a diferencia de otros cultivos su ambiente ideal es bajo los árboles.</p>
<p>El proyecto de evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de trópico húmedo del Perú, (Gomero &amp; Alcántara, 2003)</p>	<p>Agroecología</p>	<p>Marco Mesmis, cursos de capacitación involucra el subsistema de crianza animal, subsistemas agroforestales y frutícolas</p>	<p>Sustituir los insumos químicos por orgánicos, conservación de los suelos (barreras vivas, surcos en contornos) disminuye la erosión. cultivos asociados y/o en rotación con el algodón, incorporación de residuos orgánicos</p>	<p>Manejo del algodón con agrotecnologías y el proceso de diversificación permitió encontrar nuevos niveles de equilibrio en la producción incrementando la producción de biomasa la mejora de su seguridad alimentaria mejorando la dieta de los niños, la recuperación de semillas locales y el aumento de ingresos.</p>
<p>Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos. Alternativas sostenibles para el valle geográfico del río Cauca, Reserva Natural El Hatico, Colombia (Hernando <i>et al</i>, 2012).</p>	<p>Agroecológico</p>	<p>sistemas agroforestales agrícolas y pecuarios</p>	<p>Manejo de la fertilización nitrogenada Manejo de las plantas acompañantes, arvenses o malezas Productividad Efecto de la cosecha con quema o sin ella</p>	<p>Sin las prácticas de quema o aplicación de madurantes existe recuperación de salud del suelo.</p>

<p>El monitoreo económico de la transición agroecológica: estudio de caso de una propiedad familiar del sur de Brasil (Gomes &amp; Bianconi, 2001)</p>	<p>Agroecológico. Prácticas agrícolas</p>	<p>Comparación los patrones actuales de manejo</p>	<p>uso de agroquímicos y la moto mecanización, Diversificación, biofertilizantes, rotación de cultivos deshierbe manual áreas de barbecho, abonos verdes</p>	<p>Se organizan en subsistemas entre los que se da un intenso flujo de fertilidad. Se asocia al aprovechamiento interno locales, lo que permite la baja dependencia a insumos</p>
--	---	--	--	---

Elaboración basada en casos de estudio.

Debido al tipo de manejo del cafetal presenta diversidad de especies de árboles y variedades de café, tienen un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y tiene condiciones favorables para la sostenibilidad, sin embargo, se requiere de seguir en la implementación de diferentes que mejoren los indicadores de valor bajo. Se presenciaron cambios en las parcelas de café como mejoría del color de las hojas. Floración, y retención de frutos y suelo, lo que determinó la toma de decisiones sobre la calendarización de actividades e implementación de prácticas agrícolas.

### **El café ecológico amazónico. Alternativa sostenible para los campesinos**

El trabajo sobre el café ecológico amazónico, alternativa sostenible para los campesinos, señala que, en la agricultura convencional, el monocultivo ha llevado a la quiebra a muchos productores, uno es el café colombiano. En las buenas épocas las familias adquieren lo mínimo lo que se manifiesta en la falta de capacidad de sostenimiento del cultivo y la falta de empleo y migración. La comercialización industrializada da paso a un modelo basado en la exportación y maximización de productividad hasta que los sistemas no sostenibles, ocasionan degradación y pérdida de suelos, y mayor pobreza, mientras destruyen el modelo tradicional productivo, empujando al campesino a migrar (Peña & Galindo, 2007).

El estudio ofrece a los agricultores opciones lícitas frente a la producción de cultivos ilícitos, que se sostienen frente a cultivos agrícolas, la deforestación de las amazonas y el uso de agroquímicos tóxicos, que deterioran los suelos y el ambiente; orientar las iniciativas de café ecológico para constituir una finca integral, impulsar el manejo integral, aprovechando los recursos y potencial del trópico, para no depender de insumos externos y expandir la producción y la comercialización. En la producción del café ecológico, como en las agriculturas orgánicas se suele atender solo el cambio tecnológico, que usualmente es poco sostenible y de beneficio a otros intereses. Los

caficultores de ASOMACAFE tienen una cultura ecológica, una producción tradicional, debido a que carecen de recursos para adquirir químicos y que sus suelos producen medianamente sin necesidad de esta fertilización.

Las opciones destacan la capacitación y organización, el uso de fertilizantes foliares orgánicos, que se enriquecen con minerales realizados en las mismas fincas. Se utilizaron activadores de enzimas extraídos de la yuca, que estimula el crecimiento, previene enfermedades y a los insectos en los cafetos, se identifican las rocas y así se conoce el contenido de mineral, que sustituye los comprados, desarrollando la investigación participativa, y el reciclaje de nutrientes del suelo y producción con la siembra intercalada de productos dirigidos al sustento familiar.

Algunas de las conclusiones relevantes destacan que el camino a la producción orgánica del café requiere de un cambio de mentalidad y del manejo del cultivo, como la diversificación y asociación de cultivos, ampliando sus actividades agrícolas hacia pecuarias y silvícolas. Todo esto depende en su mayoría de las condiciones agroecológicas únicas. Los cultivos asociados al café ecológico logran conservar los suelos, los recursos hídricos y la biodiversidad, ayudando la variedad de la fauna, viendo resultados en la nutrición del suelo mediante la re-mineralización, el café es una planta de bosque naturalmente a diferencia de otros cultivos su ambiente ideal es bajo los árboles. Pues el café no exige tanta luz solar como lo hacen la caña o el maíz, por lo que las asociaciones de otras plantas y el café en un sistema agrícola y bosque tienen más estabilidad productiva. Mejora su calidad se disminuye costos; y la variedad de cultivos en el mismo espacio, para consumo propio o venta es mayor. El camino a una producción sostenible es posible debido a todas estas ventajas. Desde luego dependerá las particularidades del lugar, su condición agroecológica, incluso las costumbres de la familia, y sus prácticas agrícolas.

### **El proyecto de evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de trópico húmedo del Perú**

Este proyecto fue desarrollado en la zona norponiente de la selva de las amazonas, la región es la de más alta deforestación en el país (57 mil ha/año), ya que la agricultura crece de manera exponencial y desordenadamente, contaminando con agroquímicos y manejando inadecuadamente los recursos naturales de lugar, esto pone en riesgo las especies nativas como el algodón de color (*Gossypium barbadense*), (Gomero & Alcántara, 2003). El objetivo fue sustituir los insumos químicos por orgánicos en el marco de una producción intensiva convencional; favorecer al sistema de producción tradicional, que tiene sus bases en la diversificación y aprovecha de manera sostenida los recursos. Se utilizó el marco MESMIS, cursos de capacitación y pasantías para los agricultores, implementaron sistemas productivos demostrativos, investigaciones participativas relacionadas con el manejo agroecológico de suelos y plagas. Existe una planificación del cultivo de algodón, que involucra la crianza de animales, otros sistemas secundarios de frutales y agroforestal, con metas a corto, mediano y largo plazo, la propuesta incluye la diversificación del sistema agrícola considerando limitantes y beneficios.

Los resultados indican que el maíz y las leguminosas permitieron mejorar la fertilidad del suelo, y los productores mejoraron su negociación para la venta del algodón orgánico. La conservación de los suelos resulto primordial en la recuperación y mantenimiento de la fertilidad del predio, al tener mayor cobertura debido a la implementación de cercos vivos y surcos sembrados de otros cultivos asociados alrededor, y se reincorporaron los residuos orgánicos generados dentro del mismo sistema ayudando a reducir la erosión. Se logró mayor participación de la familia, mejorando su dinámica social, como consecuencia su economía, y un mejor aprovechamiento de sus recursos.

El manejo del algodón con agrotecnologías y el proceso de diversificación permitieron encontrar nuevos niveles de equilibrio en la producción incrementando la producción de biomasa la mejora de su seguridad alimentaria mejorando la dieta de los niños, la recuperación de semillas locales y el aumento de ingresos.

**Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos. Alternativas sostenibles en el valle geográfico del río cauca, reserva natural el Hatico, Colombia.**

En la diversificación de la reserva se han tenido en cuenta la agroecología destacando la importancia de la cobertura arbórea y el uso de residuos de los sistemas productivos que producen biomasa y almacenan el carbono en medios estables como la materia orgánica como alternativa para la regulación ambiental (Hernando *et al*, 2012). Se logra poner en marcha sistemas silvopastoriles y manejo ecológico de la caña de azúcar, certificándose como cultivo orgánico, mejorando su entorno social económico y ambiental. La replicación de estos sistemas, que producen biomasa y almacenan carbono son opciones reales para la regulación ambiental. El manejo agroecológico de la caña de azúcar tiende a obtener mayor producción y menor costo, aunque no todos los resultados son lo esperado, y se deteriora el suelo, el agua y el aire por lo que se investiga sobre sistemas de producción limpia.

Algunas de las prácticas que se realizan, son: manejo de la fertilización nitrogenada, manejo de las plantas acompañantes, arvenses o malezas, productividad y efectos de la cosecha con quema o sin ella. Se diversifican los sistemas agrícolas y pecuarios, se utiliza de manera eficiente los recursos incluyendo los residuos de cosecha. Se realizaron diferentes estudios que daban seguimiento a las diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, demostrando la recuperación del suelo al eliminar la quema y los madurantes.



**El monitoreo económico de la transición agroecológica: estudio de caso de una propiedad familiar del sur de Brasil.**

El monitoreo fue realizado entre mayo y diciembre de 2001, tuvo como referencia el año agrícola 2000-2001 (Gomes & Bianconi, 2001). Parte de la crítica a la racionalidad económica y técnica del sistema, la que está orientada hacia el modelo de creciente producción, a través del uso de agroquímicos y acrecentamiento de zonas agrícolas.

La familia Licheski en 1987 cultivo una superficie aproximada de 2 ha de papa; para 1990-91 sembraban cerca de 15 ha. Lo que hizo a las familias dependientes de las condiciones del mercado y de pocos productos, dejándolos sin posibilidades de ahorrar. Lo generado en un año era consumido en el siguiente ciclo productivo, por otro lado, el exceso de lluvias en la región, impacto de manera drástica sobre la producción, lo que afectó la economía familiar impactando la siembra, empeorando su situación económica al no poder replicar la producción que mantenían hasta entonces. Lo que los orillo a cultivar solo la superficie que podían trabajar sin depender de agroquímicos y la mecanización, iniciando su transformación a la agroecología.

En este contexto, el estudio compara los modelos de manejo y la apreciación que tiene la familia a través de su experiencia en el manejo del sistema. De acuerdo con el testimonio familiar la mano de obra empleada es de familiares y vecinos en reciprocidad (*mutirões* ayuda gratuita entre agricultores para la realización de una determinada tarea) e intercambio de servicios. La fuerte especialización con la que contaban cambió en un periodo de cinco años, basándose en la diversificación. Ahora cultiva entre 60 especies: fruta, hortalizas y plantas medicinales. El abono aplicado es ceniza, estiércol y fertilizantes orgánicos, y a su vez los animales se alimentan con restos de la huerta y de la comida familiar.

Los cultivos siempre se intercalan, papa, maíz, frijol, trigo, arroz y mandioca y se usan abonos verdes, así se regenera la fertilidad del suelo al crear y descomponer la biomasa. Usan también estiércol que compran a vecinos, el control de malezas se hace manual y se asocia a la rotación del cultivo, mantienen áreas de barbecho y realizan experimentos de enriquecimiento de la fertilidad. La diversificación permite variar las estrategias para manejar la fertilidad, por ejemplo, de la agroforestería se obtienen plantas medicinales, y se protege el sistema de las variaciones de productividad y de mercado. Se aumentó el rendimiento, se disminuyeron los costos de producción con lo que el sistema productivo agroecológico tiene mayor rentabilidad de entre un 8 hasta 28%.

La revisión de los casos evidenció la falta de estudios e información sobre diversas variables agroclimáticas que ayuden a la toma de decisiones de manera general y la falta de información de maíz Cacahuacintle particularmente, sin embargo de estas investigaciones se puede rescatar la importancia de las condiciones fisicogeográficas en el desarrollo del cultivo y los resultados del manejo agroecológico, en estos casos de estudios se ha comprobado que se ha mejorado la eficiencia rendimiento y adaptabilidad del cultivo al entorno, la reducción de los efectos que causan los insumos agrícolas, mejorando las propiedades del suelo, se comprobó que las tecnologías campesinas resultaron más efectivas que las tecnológicas modernas, y que las semillas nativas contrarrestan mejor las inclemencias, obteniendo valores por encima de umbral de sostenibilidad, lo que satisface los aspectos productivos y alimenticios, llegando al equilibrio productivo.

## 1.3 Enfoques de investigación

### 1.3.1 Principios de la teoría de sistemas

Algunas definiciones señalan a los sistemas como el conjunto de componentes que tienen relaciones estrechas y recíprocas entre ellos, y mantiene directa o inversamente unido. La aplicación de la teoría general de sistemas no tiene límite pues se usa en diversos campos; sociales, culturales, naturales, pero sus raíces se reconocen en el área de los sistemas naturales (Arnold & Osorio 1998). Blais Pascal en 1600 hablaba de las relaciones del conjunto los componentes y el todo *“sostengo que es imposible conocer las partes sin conocer el todo, como tampoco conocer el todo sin conocer las partes”* (Blais Pascal, 1623 p.1 citado en Tamayo 1999.)

Becht adopta la palabra sistema como *“el arreglo de componentes físicos o colección de cosas conectadas interrelacionadas que forman o actúan como una unidad”*. Resumiendo la historia de la teoría de sistemas, indicando que esta se introdujo ya hace mucho en las ciencias físicas, pero que no llegó a las ciencias biológicas, hasta que Smuts en 1926 introdujo el concepto *“holismo”* (Hart, 1976, p.1) que se explica en la concepción de un todo compuesto de partes, en donde la totalidad de dichas partes produce efectos y realidades diferentes, de las que produce cada parte por separado (Morales, 2002), interpretando el universo como una unidad formada por conjuntos ordenados jerárquicamente, donde cada conjunto es un sistema que se conecta en sí mismo y con otros conjuntos de manera independiente, que a su vez crean otros sistemas (Kerr, 1927).

Bertalanffy fue el primero en formular la teoría general de sistemas (Hart, 1976). La pretensión de la teoría general de sistemas fue vencer la súper especialización, demostrando que todo está relacionado y que todos los procesos forman parte de algún ciclo o sistema, concibiéndolo como el estudio multidisciplinario de los sistemas. El cual tiene como fin estudiar

los principios que se aplican a cualquier sistema en todos los niveles de cada campo de investigación. Es decir, el concepto de sistema puede ser definido y usado según se requiera en cada investigación, si se analizan los elementos y la relación de dichos elementos. De acuerdo a García (2006), la palabra sistema no es un concepto nuevo, pero la aplicación del concepto en el estudio e interpretación de la realidad, si lo es, la importancia del concepto es que se usa como herramienta para analizar la relación entre los elementos que lo forman, su jerarquía, el orden y flujo de esas relaciones y su conexión entre y con otros sistemas en el universo.

Los sistemas se caracterizan por contener intercambios de materia y energía, de manera cíclica, estos ciclos pueden ser abiertos o cerrados, el intercambio se puede entender como el flujo de ida y de regreso, donde la cantidad de energía que sale de un sistema se incorpora a otro y el espacio que deja es ocupado por otra cantidad de energía. La teoría general de sistemas se basa en el entendimiento de estos procesos de entrada y salida de materia y energía y en las interacciones de estos. De acuerdo a Espinosa (2001), los sistemas poseen principios básicos aplicables al medio natural, edáfico, agro sistema y antrópico que coadyuvan a definir las fronteras de su estudio, los sistemas poseen fronteras relativamente definidas; en el suelo se delimita al contacto con otros sistemas, la energía que entra a este se transporta y transforma en función de la interacción con la materia contenida dentro del sistema, por ejemplo un flujo de agua su transformación y transporte dependerá del tipo de suelo; entonces la materia será transformada física o químicamente, llevando a cabo los procesos edafogénicos que dan lugar a transformaciones químicas de los minerales.

- Estos flujos de energía permiten al suelo equilibrarse y estabilizarse, pudiendo ser alterada o modificada por diferentes factores.

- Si la tasa de energía que entra o sale cambia, el sistema tenderá a equilibrarse.
- Si la energía y el material del suelo aumenta, el sistema consumirá lo que produce, cuando la materia este siendo eliminada, ese flujo de energía crea un equilibrio.
- Su dinámica está en función de los flujos de entrada que permiten almacenar cierta energía para llevar a cabo los procesos pedogenéticos, mientras mayor sea la capacidad de almacenamiento menor será su sensibilidad, es decir, si cuenta con mayor número de elementos y procesos que dan lugar a que exista, la modificación de uno de ellos no afectará notablemente el sistema, como es el caso de la capacidad de intercambio catiónico y la saturación de bases que está estrechamente relacionada con la cantidad y tipo de arcillas y humus que contenga el suelo.
- Cuando el flujo de energía y/o materia es suspendido, el sistema propende a desaparecer y formar otro sistema nuevo, por ejemplo: al deforestar áreas para crear zonas de cultivo, en pendiente pronunciadas, el agua erosionará intensamente estas zonas, provocando la pérdida de suelo, pero formará suelos de sedimentos en las partes bajas o receptoras.

Lo importante del tratamiento a nivel de sistema es que permite examinar las propiedades de los elementos y sus interacciones, que no podría llevarse a cabo analizando los componentes de manera aislada, así se conocen e interpretan las relaciones que existen entre cada uno de estos componentes (Etter, 1991). El hombre se comporta como un agente desestabilizador y de alteración en los sistemas naturales, por lo que para interpretarlos se debe conocer en principio las relaciones de los procesos físicos y sociales dominantes.

### 1.3.2 Ecología del paisaje

El término Ecología fue propuesto por Ernest Haeckel en 1866, quien inició el estudio formal de las relaciones entre seres vivos y el medio en el que se desarrollan, además de que utiliza el término para señalar integralmente esta relación (Vite, 2017).

De acuerdo a Margalef *“La ecología es la ciencia que estudia las relaciones de los organismos entre sí y con su medio”* (2009 p. 2) siendo un sistema natural compuesto por organismos vivos y el medio físico en donde interactúan.. De acuerdo con Escribano hablar de paisaje es hablar de ambigüedad, el concepto ha evolucionado de manera multidisciplinar, utilizado en diferentes campos del arte y las ciencias. Desde el punto de vista científico la definición de paisaje ha evolucionado de diferentes maneras, teniendo su antecedente en el siglo XIX con Charles Darwin y Alexander Von Humboldt. La vertiente física del paisaje se formó bajo la Geografía Rusa y Alemana, el término ciencia del paisaje apareció por primera vez en 1884, aunque enfocado al paisaje Geomorfológico, Hassinger conceptualiza la Geografía del paisaje, como la región natural donde se distinguen las relaciones entre la naturaleza y la sociedad. Según él ninguna otra ciencia distinguía las relaciones entre naturaleza y sociedad. (Morláns, 2005).

María de Bolós a finales de los años 70 da una primera noción integradora, concibiendo al paisaje como el espacio caracterizado por las condiciones de dinámica e inestabilidad de sus componentes geográficos, abióticos, biológicos y antrópicos que tienen influencia unos sobre otros y que evolucionan bajo sus interacciones y los efectos de su dinámica (Tesser, 2000). Así en un esfuerzo por vincular estos conceptos de ecología, paisaje, geografía y sistema como una perspectiva transdisciplinaria, consolidada , en 1938 se propone el término Ecología del paisaje, que relaciona los conceptos ecología y paisaje con el entorno del hombre, la superficie terrestre y el uso

que se le da, agrícola y forestal, minero e hídrico, aprovechando la materia prima, un entorno natural donde el hombre transforma un paisaje natural a un paisaje económico y cultural aprovechados (Troll, 2003).

Bocco (2003) resume la concepción de ecología del paisaje de Troll como el resultado del encuentro de la ecología y la geografía. Actualmente la ecología del paisaje es multidisciplinaria, pero sus aportes son mayormente en geografía y ecología, donde se sintetiza el análisis horizontal de los paisajes a lo largo del territorio y el análisis vertical de la ecología que estudia la interrelación entre los elementos abióticos y bióticos en una determinada porción de este paisaje (Vila *et al*, 2006). De acuerdo con Etter (1991) existen fundamentos en los que se sostiene la Ecología del Paisaje entre los que se encuentran los siguientes:

-El paisaje se considera como una entidad integrada de espacio tiempo, donde ocurren las relaciones entre sus elementos.

- En el momento en que el hombre aparece en cualquier espacio, existe una transformación, lo que modela el paisaje, especialmente los paisajes culturales o transformados.

- *“La evaluación y programación ecológica integrada que garantice el uso sostenido y conservación de los recursos solo es posible mediante un enfoque integral”.*

Las relaciones sistémicas dentro de la ecología del paisaje están compuestas por los procesos geomorfológicos, pedológicos hidrológicos, biológicos y culturales que absorben o reflejan energía y materia. Los factores formadores del paisaje (clima, suelo, vegetación, litología, fauna) y están condicionadas por la acción del hombre, debido a estas estas relaciones entre cada variable el paisaje obtiene sus características específicas.

La ecología del paisaje puede definirse como una visión holística, con niveles de desagregación. La ecología del paisaje estudiará los paisajes como niveles de organización, donde la Geografía como disciplina que le dio origen investiga el aspecto estructural del paisaje y la ecología el aspecto funcional (Orozco, 2010).

### 1.3.3 Enfoque Agroecológico

Ante los efectos negativos de la agricultura convencional especializada que busca incrementar la producción y para ello utiliza productos nocivos para el ambiente, surge la concepción de la agroecología en los años 70, incorporando a la producción principios de ecología, integrando holísticamente metodologías y preceptos de otras materias, dentro de la concepción de la teoría general de sistemas. Aun cuando el concepto de agroecología es de recién aparición la práctica de la agroecología se ha descubierto utilizada desde las antiguas agriculturas indígenas, muchos de los sistemas agrícolas acomodaban sus cultivos a las variables naturales para protegerlos de los predadores y la competencia, e involucraban otros recursos, estas prácticas se transmitían de generación en generación y han ido siendo reemplazadas debido al incremento de la demanda productiva, la competencia de mercado y la reducción de superficie agrícola:

*“Históricamente, el manejo de la agricultura incluía sistemas ricos en símbolos y rituales, que a menudo servían para regular las prácticas del uso de la tierra y para codificar el conocimiento agrario de pueblos analfabetos. La existencia de cultos y rituales agrícolas está documentada en muchas sociedades, incluso las de Europa Occidental”* (Ellen, 1982; Conklin, 1972, p. 81 citado por Tapia, 2002)

En Latinoamérica desde los 80s surge el movimiento agroecológico que promueve la sustentabilidad ambiental y sociocultural (Astier, 2006) planteándose como una disciplina que brinda los principios ecológicos



básicos “*sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos, conservadores de los recursos naturales, culturalmente sensibles y social y económicamente viables*” (Altieri, 2001, p. 8). La Agroecología aplica conceptos y principios ecológicos para diseñar y gestionar agroecosistemas sostenibles, potenciando los beneficios que se dan de las relaciones de los componentes del sistema, se utilizan los insumos locales y el conocimiento tradicional, reduciendo el uso de insumos externos por tecnologías más amigables con el medio. Mejorando la aptitud biológica del cultivo, ampliando la biodiversidad útil que mantiene los procesos inmunes, metabólicos y reguladores del agro ecosistema conservando y regenerándolos recursos de los que depende (Stupino & Iermano, 2012).

La producción campesina tradicional, mantiene prácticas que se adaptan a las características biogeográficas, sus cultivos son diversos y con poca dependencia a insumos externos. Pero la presión de la globalización, los cambios culturales, políticos sociales en el todo el ámbito, del regional al internacional, la degradación del ambiente y la falta de mercado. Para sus productos los amenazan. Su extinción conllevaría a la pérdida de la diversidad de semillas, cultivos, y el conocimiento de las técnicas y prácticas agrícolas (Astier, 2006). El Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), metodología pionera en practicar la sustentabilidad de manera multidimensional e interdisciplinaria. Se basa en los sistemas productivos campesinos, que por sus características de flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones técnicas y socioeconómicas se encuentra en construcción constante.

Su enfoque holístico evalúa siete atributos: producción, solidez, capacidad de regeneración, seguridad, imparcialidad, autogestión y su capacidad de adaptarse. Su evaluación debe ser continua, y comparativa, definiendo y caracterizando el sistema, integrando los indicadores, se elaboran las

conclusiones para mejorar los sistemas de manejo y la metodología, (Maser, Astier y López-ridaura 2000). El funcionamiento del sistema agroecológico se basa en la diversificación a través de la introducción o rescate de especies forestales y ganaderas, así como leguminosas y cereales, se adiciona materia orgánica, se cambia a labranza mínima o de conservación, rotación de los cultivos y la reducción de insumos químicos como fertilizantes cambiándolos por abonos verdes, desechos animales, mejorando así la calidad de suelo, los agricultores deben participar activamente en el proceso pues los beneficiarios son quienes más saben sobre los Agroecosistema. Se incorporan especies que se han adaptado, el trueque de productos e insumos, y el trueque de la mano de obra entre las familias

Diferentes definiciones del término Agroecología se han podido distinguir la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), La define como “el estudio de la relación de los cultivos agrícolas y el medio ambiente.” La agroecología y/o ecológica, invitan a producir conservando los recursos naturales, incorporando ideas sobre un enfoque de agricultura ligado al medio ambiente, sin centrarse únicamente en producir, busca que el sistema productivo se sostenga de manera ecológica (Altieri, 1999).

En la agroecología existe la idea implícita de que el conocimiento del sistema y la relación de sus procesos ayudan a la mejoría de la producción, aminorando los impactos negativos al medio ambiente y logrando una producción más sostenida con un menor uso de insumos externos, considerando al predio agrícola como un ecosistema.

Dentro de la agroecología los cultivos son ecosistemas con procesos ecológicos, con ciclos de nutrientes e interacciones depredador/presa, cultivo/maleza, su propósito es conocer la dinámica de estas interacciones. Conocer los procesos y relaciones de estos reduce los impactos negativos al medio ambiente (Altieri, 1999). Toledo define la Agroecología como “el

*manejo ecológico del ecosistema presentándola como alternativa a la crisis productiva de la modernidad”* (Martínez, 2004, p. 94) proponiendo un desarrollo participativo en la producción. La visión holística ecológica del proceso agrícola abarca todos los aspectos, socioculturales, económicos y productivos permitiendo ver la relación sistémica de la agricultura.

La incorporación del conocimiento étnico métodos, tecnologías y prácticas tradicionales de las comunidades proporciona un manejo ecológico y racional a través de técnicas naturales. Los principios agroecológicos estarían basados en la reducción de insumos nocivos al medio ambiente, manufacturados o costosos y por otro lado aumentar el uso de insumos naturales y locales, que refuercen las interacciones biológicas. Minimizar las sustancias tóxicas, manejar los nutrientes reciclando la biomasa y añadiendo regularmente restos vegetales como fertilizantes orgánicos, así como los desechos animales para reforzar la acumulación de materia orgánica en el suelo (Castillo, 2002).

El estudio de los agroecosistemas abarca un conjunto de sistemas concretos que poseen un propósito específico, y los sistemas se definen en función de del objetivo, la complejidad y extensión espacial de estos va desde la fotosfera, litosfera, reino vegetal y animal y la interacción que tienen formando una situación de estabilidad, hasta la región agropecuaria, en la cual incluso se pueden encontrar diferencias climáticas, el objetivo del agroecosistema es la obtención de productos agropecuarios para maximizar la producción permitiendo la conservación de los recursos naturales de manera compatible con una actividad económica rentable (García, 2006).

Los agroecosistemas son considerados como sustentables debido a sus similitudes con los sistemas naturales. Un agro sistema es un sitio de producción agrícola visto como un ecosistema, incluyendo el conjunto de entradas y salidas de energía y materia y las interacciones entre sus componentes (Gliessman, 2002).

Restrepo (*et al*, 2000) los definen como “*la unidad de análisis principal de la agroecología, basándose en los enfoques ecológicos para simular la estructura y función de los sistemas agrícolas naturales, de tal manera que su estructura y función se conserven*” (p. IV)., Moya *et al* (2003) los definen como sistemas que construyo el hombre para utilizar su entorno de manera sustentable obteniendo productos para su consumo o transformación, para mantener la base del Agroecosistema: el suelo.

#### 1.3.4 Calidad de Suelos

El suelo es la base del Agroecosistema, por eso definir el estado en el que se encuentra, su salud y sustentabilidad es primordial, pues el sistema debería ser capaz de mantener su productividad promoviendo la calidad del medio ambiente y el recurso suelo que es la base de la agricultura (Astier, Maass, & Etchevers, 2002). La combinación de suelo y clima son pieza fundamental para la producción de alimento (Bommer & Hrabovszky 1980 p. 19). Aun cuando se tenga las mejores condiciones climáticas y recursos agrícolas si el suelo no presenta condiciones favorables la adaptabilidad se verá afectada (FAO, 2015). Distribuidos de manera continua en el paisaje sufren variaciones que son determinadas por las condiciones climáticas, el drenaje, su origen, usos por lo que no son uniformes y se producen en ellos una serie de transformaciones que involucran el tipo, clima, microorganismos, agua, raíces, gases entre muchos otros procesos (Cotler *et al*, 2007).

El suelo es el cuerpo natural que sostiene la vida, equilibra la biosfera, hace posible la vida como la conocemos ahora, da soporte y anclaje a la vegetación y a los cultivos, aporta los nutrientes para que crezcan, almacena agua, energía y actúa como filtro, es resultado de procesos como la actividad geológica, erosión, el clima, el depósito de materia y este requiere de períodos muy largos de tiempo para formarse de manera natural, es parte necesaria

en el desarrollo de otros sistemas. Son de vital importancia, en la producción y en la limpieza del agua, filtran miles de km<sup>3</sup> cada año, regulan las emisiones de dióxido de carbono y otros gases, por lo que regulan el clima ayudando contra el efecto invernadero (FAO, 2015). Dokuchaev en 1899 definió el suelo como “*el cuerpo natural, formado por la acción parental, el relieve, el clima, organismos vivos y muertos y la edad geológica*”. La distribución de estos factores más el factor antropogénico determinan la distribución espacial de los suelos (Krasilnikov *et al*, 2011)

La WRB en 2006 define el suelo como un cuerpo natural contiguo de tres dimensiones espaciales (sólida, líquida y gaseosa) y una temporal (en constante evolución), dentro de los dos primeros metros que contacten con la atmosfera (WRB, 2007). La naturaleza está conformada por sistemas abiertos y cerrados, simples o subsistemas, caracterizados por entradas y salidas de materia y energía dinámicas que afectan elementos y relaciones influyen en todo el sistema, propiciando cambios y modificaciones en el sistema, entre los subsistemas se forman interfaces, una es el suelo (Bolos, 1987). Para comprender los suelos es necesario entender el clima, el origen y la influencia del hombre, se puede estudiar como transformador o como un sistema abierto que al poseer dinámicas diferentes puede tener ganancia o pérdida de ciertas sustancias enriqueciéndolo o empobreciéndolo, y que se mantenga estable en medio de procesos complejos y dinámicos constantes, si mantiene un estado de equilibrio contará con condiciones óptimas para los procesos bioedafogénicos (Buol *et al*, 1991).

Es decir que el suelo es un transformador de energía y una entidad que evoluciona, la presencia de horizontes es el resultado de esta evolución, a partir de un material originario. El estudio de los suelos empieza por su descripción, mediante los rasgos morfológicos pues reflejan la acción de los procesos formadores y los procesos edafogénicos, las propiedades observables son textura, color, estructura, porosidad, consistencia,

humedad, etc. Las diferentes variables son importantes de describir en el estudio del suelo pues aportan información esencial para su estudio, la humedad se refiere al contenido de agua, el color es permite inferir la presencia de óxido de hierro con distinto grado de hidratación, la textura es la proporción de arena, limo y arcilla, la estructura describe la forma en que las partículas se agrupan para formar unidades de mayor tamaño(agregados) y el espacio entre ellas, atendiendo al grado, forma y tamaño de agregados (Porta, Lopez-Acevedo, & Roquero, 2003).

Es importante que los estudios agroecológicos inicien con el análisis del suelo, por ser la base de la producción y que se tenga en cuenta la importancia de su cuidado pues es considerado un recurso natural no renovable debido a lo difícil que es recuperarlo, su degradación pone en riesgo las actividades agropecuarias, forestales y a la sociedad. El suelo sostiene la vida, sin él no habría biodiversidad o alimentos, dependemos de él para la producción, aporta nutrientes a los productos que se cultivan, capta y almacena el agua que se necesita para desarrollo de las plantas y filtra las partículas contaminantes, “en él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona todo el desarrollo del ecosistema” (Frers, 2009 p.1).

La cobertura vegetal proporciona al suelo protección evitando su erosión y dispersión debido al agua o al viento. La fertilidad del suelo depende de su génesis, la geoforma donde se encuentre, y los procesos que le dieron origen, esto le confiere características particulares su textura, estructura, profundidad y pendiente, y propiedades químicas particulares, ayudando a definir la fertilidad, como la materia orgánica, el pH, la salinidad, intercambio catiónico y saturación de bases (Sagarpa, 2008). Un suelo sano está vivo, es dinámico, cumple con diferentes funciones ecológicas y vitales, descompone y transforma la materia, agregando al suelo los minerales, en nutrientes para las plantas, controlan las enfermedades de la vegetación,

mejoran la estructura del mismo permitiendo una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo, lo que finalmente se ve reflejado en la mejora productiva (FAO, 2015). La fertilidad en el suelo depende casi por completo de su biomasa (conjunto de seres vivos ya sean vegetales, animales, bacterias u hongos) logrando condiciones ideales para su conservación, mediante la interacción de los seres vivos, y su aporte de materia orgánica por lo que el estudio de este elemento es importante. (Agrodyne Systems, 2010).

Mejorar y conservar la fertilidad es una estrategia común para lograr sistemas sustentables, por lo que se requieren indicadores que proporcionen información cuando este se somete a condiciones diferentes de manejo. El concepto de calidad de suelo integra e interconecta los componentes con los procesos biológicos, químicos y físicos de los suelos en situaciones determinadas (Astier, Maass, & Etchevers, 2002). El concepto de calidad de suelos ha variado a través del tiempo, algunos autores la definen como: la capacidad del suelo para producir y mantener los atributos intrínsecos que permiten la actividad biológica dentro del sistema y que mantienen la calidad ambiental. Otros dicen que el suelo debe permitir y mantener la producción, crecimiento y proliferación de flora y fauna, debe ser un regulador que asimile y degrade componentes ambientales peligrosos debe promover la salud de las plantas y animales (incluyendo humanos). También la definen como *“la capacidad de un suelo para sostener la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud de las plantas y de los animales dentro de los límites del ecosistema”* (Pastor, 2012 p.1).

Varios autores enfatizan el utilizar una perspectiva sistémica en el estudio de la sustentabilidad, pues los estudios especializados dejan de lado aspectos relevantes, la fertilidad es uno de los indicadores que más se usa en el contexto agropecuario y forestal, y se define como la capacidad de abastecer de suficientes nutrientes al cultivo que aseguren su desarrollo,

sin embargo, esta definición no toma en cuenta otras propiedades que también contribuyen a este desarrollo. La fertilidad, según Etchevers integra todos los factores del suelo físicos, químicos y biológicos que permitan un buen desarrollo y salud del cultivo, (Astier, Maass, and Etchevers, 2002).

Para Pastor (2012), la calidad de suelo será determinada para cada tipo de suelo y estará dada por su capacidad de funcionamiento dentro del ecosistema y así sostener la productividad y mejorar la calidad del agua y el aire. Y sus indicadores pueden ser propiedades físicas, químicas o biológicas, estos deben permitir describir la situación actual identificar los puntos críticos, analizar los impactos de una intervención. Para que las propiedades del suelo se consideren indicadores de calidad deben integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, ser sensitivos a variaciones de clima, manejo y cambios resultado de la degradación antropogénica (EcuRed, 2017).

La fertilidad biológica por ejemplo se relaciona con la biomasa microbiana que es quien descompone y recicla la materia orgánica influyendo en las propiedades químicas del suelo, estas propiedades como la capacidad de intercambio catiónico que regulan reduciendo los cambios extremos de pH, la porosidad que junto con su capacidad de retener agua permiten que las raíces se desarrollen de manera adecuada, es así como todas las propiedades se relacionan. En síntesis la calidad del suelo incluye tres principios,: su productividad sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas, calidad medioambiental o la capacidad de atenuar los contaminantes patógenos y los servicios ecosistémicos que ofrece y la salud produciendo alimentos sanos y nutritivos (Arshad, *et al*, p. 609 citados por Astier, Maass, & Etchevers, 2002). En el caso de los suelos no se ha definido un número de indicadores de su calidad ya que cada circunstancia agroecosistémica responde a condiciones particulares, dado que las funciones del suelo están interrelacionadas, su calidad estaría determinada



por el uso que se le dé al suelo y al ecosistema, en donde se evalúa. De acuerdo al uso y al tipo, los indicadores serán diferentes (Vergara, Etchevers y Padilla, 2002 p.1). Los indicadores se refieren a las propiedades ya sea físicas, químicas o biológicas del suelo, pero estos deben ser descriptores de los procesos en el sistema accesibles y replicables, sensibles a las variaciones de manejo y provenir de bases de datos existentes. Deben responder a un conjunto básico de atributos de sustentabilidad: productividad, equidad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad y autogestión (Astier, Maass, and Etchevers, 2002).

### 1.3.5 Prácticas Agrícolas

La definición de práctica de acuerdo con el diccionario es la acción que se realiza de manera cotidiana, habitual y continua, la definición de agrícola refiere a la agricultura o el agricultor (Larousse, 2000). La experiencia del agricultor es lo más eficaz dentro de las acciones de laboreo, el clima y la fertilidad del suelo tienen influencia en la productividad de una zona, por lo que el conocimiento adquirido a través de las generaciones y las mejoras que puedan hacer a estas prácticas son determinantes para el aprovechamiento (L.M. del Bo, 1979).

Siller (*et.al*, 2002) considera los trabajos agrícolas como lineamientos voluntarios que sirvan de guía para los agricultores dividiéndolos en prácticas agrícolas y buenas prácticas de manejo englobando ambos en buenas prácticas Agrícolas. De acuerdo a la FAO (2012), las buenas prácticas agrícolas son las reglas, la técnica y las sugerencias para el proceso productivo, que ayuden a cuidar la salud, el medio ambiente y las prácticas agrícolas.

Entenderemos las prácticas agrícolas como el conocimiento adquirido y compartido a través de las generaciones del agricultor, la técnica y tecnología aplicada en la preparación y producción usadas antes, durante y

después del ciclo agrícola. Este conocimiento y su aplicación permiten desarrollar cultivos más amigables no solo con el medio, sino con la salud al imitar y favorecer su desarrollo de manera sistémica, aprovechando sus características naturales (constructo de autor).

El manejo de cultivo comprende todas las prácticas culturales y las actividades que determinan el rendimiento de la producción, compuesto de dos rubros, las prácticas agrícolas (proceso productivo de inicio a fin) y la forma como combinan los factores de producción (tierra, tecnología y trabajo), estos condicionados por factores como: suelo y clima, tipo de propiedad, ubicación de la parcela, estructura económica o demográfica, las estrategias de reproducción social y los ingresos de los productores (Damián-Huato, 2010). Estas prácticas inician con la preparación del suelo, para iniciar la preparación, la Red de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA, 2015) recomienda realizar un análisis por organismos oficiales (universidades y laboratorios) de suelo para conocer tanto las propiedades químicas, como físicas y biológicas del suelo y así determinar el potencial y fertilidad actual del suelo. El objetivo de preparar el suelo es crear una cama para las semillas, que se enriquezca de aire el suelo y la incorporación de la materia orgánica disponible, lo que favorece la germinación y arraigamiento de la planta (INIA, 2012). La preparación del suelo depende del productor y su situación económica, así como tipo de suelo, precipitación, clima. Se conocen dos tipos de labranza; la convencional, y la de conservación o mínima labranza (ANACAFE, 2004).

Se inician las labores con el paso de la rastra, y el arado, se puede realizar con maquinaria y equipo o de tracción con animales, esta acción incorpora abonos orgánicos (rastraje) y minerales, removiendo el terreno superficial para permitir la absorción de agua y enriquecimiento de oxígeno, se realiza a una profundidad de 30- a 40 cm, pues se enriquece con oxígeno, se absorbe mejor el agua, es menos sensible a oscilaciones térmicas,

favoreciendo la vida de los microorganismos (L.M.del Bo, 1979). Aunque FAO propone realizar un laboreo mínimo, para disminuir la pérdida de materia orgánica. Después de la preparación del suelo se inicia con la siembra tras haber realizado una selección de la semilla que se sembrará, en general recomiendan sembrar cuando el suelo tiene una temperatura de 12°C mes de abril aproximadamente (Infoagro, 2017). Existen diferentes épocas de siembra, depende del establecimiento de la época de lluvias para la siembra de temporal. El ciclo primavera verano inicia la siembra en junio y el ciclo otoño invierno se siembra en Noviembre (SIAP, 2018).

ICAMEX (2018), maneja fechas de siembra de manera general del 20 de marzo al 20 de abril en siembra punta de riego, y del 25 de abril al 25 de mayo para temporal en valles altos, la SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural) recomienda para el temporal sembrar desde el 10 de marzo hasta el 15 de junio dependiendo de la región. La siembra puede realizarse con maquinaria o de manera manual, mecánicamente se deposita la semilla y puede aplicarse abono o fertilizante al mismo tiempo, de manera manual, dentro del surco se hace un orificio donde se depositan de una a tres semillas, después se tapan en ambas técnicas. La escarda es la técnica de emparejar el suelo ya sembrado, lo que permite después profundizar el surco y hacer el aporque (arrimar tierra al pie de las plantas) esto sirve para aumentar la fijación de raíces, eliminar malezas, cubrir el fertilizante, contrarrestar el viento y facilitar el riego y/o distribución de agua en los surcos (INEGI, 1997).

Las plantas necesitan numerosos elementos para crecer, los toman del suelo, el aire, (nitrógeno, calcio, magnesio, hierro, azufre, fósforo, silicio, cloro, manganeso, zinc, yodo y potasio) algunos de estos elementos existen en cantidades suficientes, otros, en cambio deben ser proporcionados por el hombre, de aquí la necesidad del abonado que es el suministro al suelo de estas sustancias que mejoren la función de depósito de los alimentos. Para

aumentar la riqueza nutritiva y la fertilidad de los suelos es aconsejable adoptar además del abonado la práctica de la rotación de cultivos (L.M. del Bo, 1979). El abonado en el ciclo de siembra puede realizarse en diferentes momentos, depende del cultivo, las costumbres y el poder adquisitivo del agricultor, hay quien realiza una aplicación de abono durante la siembra, una segunda antes de la escarda y una tercera aplicación cuando la planta alcanza los setenta cm de altura. El control de plagas se realiza desde el primer momento pues como se mencionó el arado y la rastra también sirven para controlar plagas, la fauna del suelo se alimenta de las hojas, la semilla y /o raíces tiernas lo que evita que la planta se desarrolle de manera adecuada. Existen diferentes tipos de control de plagas; el **cultural** que consiste en realizar siembra intercalada de diferentes productos, siembras de labranza cero, el **biológico** se realizan con hongos entomófagos, bacterias, virus, parasitoides de larvas, nematodos, chiches, hormigas, pues son enemigos naturales de las plagas, **el control mecánico** se realiza con aserrín, tierra, arena fina o agua azucarada como atracción de hormigas, aunque estos métodos son poco usados y por último el control **químico** donde se usan insecticidas comerciales selectivos.

En el control de maleza se realizan dos, el **cultural** que son las prácticas del productor como la buena preparación del suelo, buena y oportuna fertilización, asociación de cultivos; el mecánico se realiza con deshierbe manual, manual con herramientas, laboreo sistemático, y la aplicación de sustancias químicas (Academia, 2018).

# CAPÍTULO II

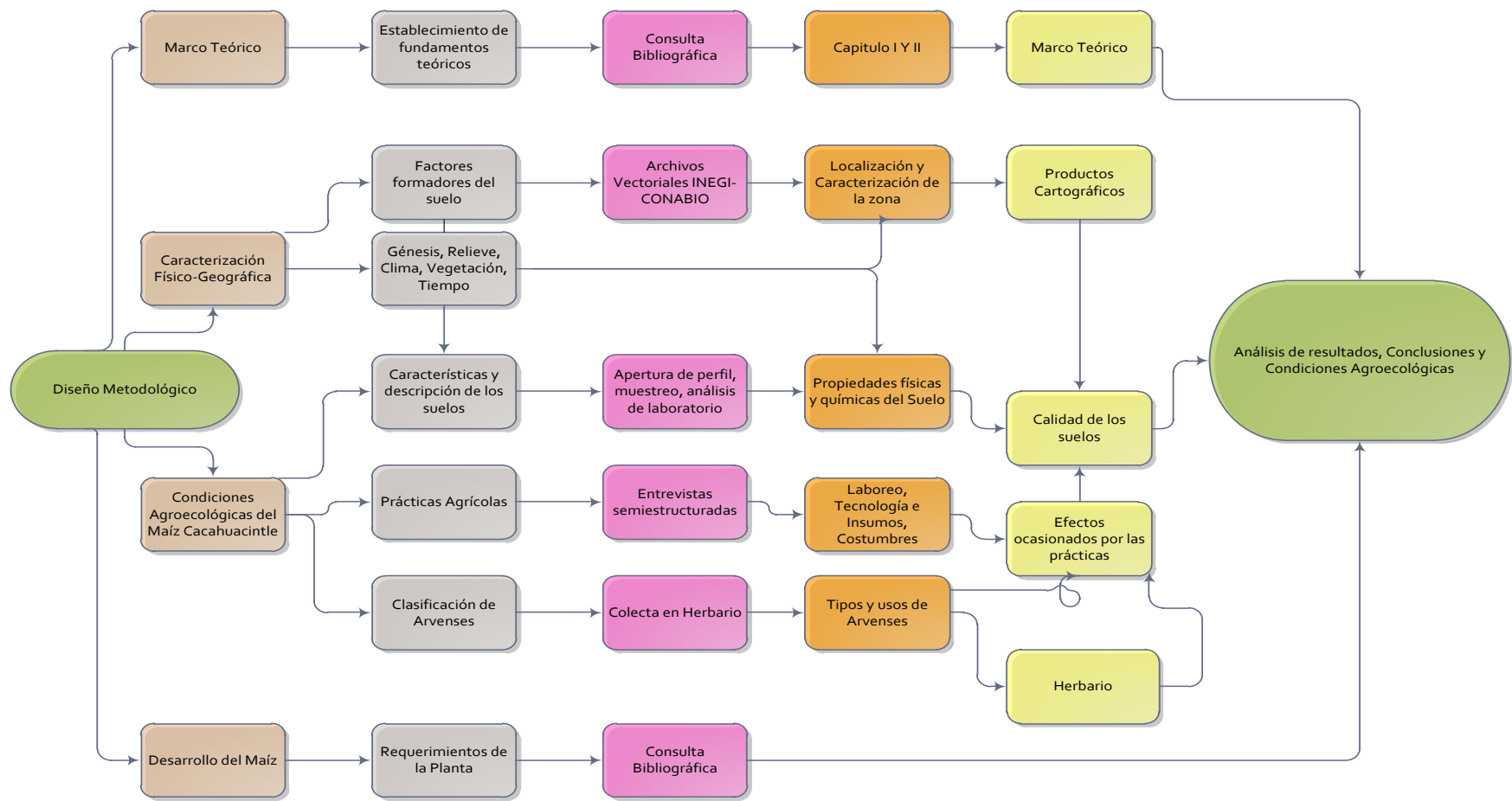
## **MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL ESTUDIO AGROECOLOGICO DEL CULTIVO DE MAIZ CACAHUACINTLE**

## CAPÍTULO II.

### 2.1 Diseño metodológico.

La investigación tiene un diseño mixto, en la primera parte el procedimiento hipotético-deductivo, partió del planteamiento del problema, la pregunta de investigación e hipótesis, para formular los objetivos que se pretenden alcanzar a través de la metodología, la comprobación de la variable dependiente, es decir las condiciones agroecológicas del cultivo de maíz Cacahuacintle, se realizará a través del análisis de las variables independientes, calidad del suelo y prácticas agrícolas (Figura 1).

**Figura 1. Diseño metodológico.**



Elaboración propia

La parte empírica tiene un diseño no experimental-transversal, no hay manipulación deliberada de las variables independientes, los fenómenos se observan tal y como se presentan, la recolección de datos se realizó en un sola observación, con el propósito de describir variables, asociaciones y relaciones en un momento dado (Sampieri, Collado & Lucio 2003).

El procedimiento comprendió muestreo de suelo in situ y análisis en laboratorio, para este fin el muestreo de suelos se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la NOM-021RECNAT-2000, (WRB 2007); los análisis de laboratorio se realizaron con los parámetros de fertilidad de suelo de la NOM-021RECNAT-2000, SQI, S, 1996, Cavazos & Rodríguez, 1992, (Astier, Maass, & Etchevers 2002), (Cruz *et al.* 2004).

La caracterización de las prácticas agrícolas y la identificación de los efectos ocasionados por las mismas, se realizaron en parcelas cultivadas con maíz Cacahuacintle, para la entrevista se utilizó la técnica de entrevista semiestructurada y se aplicó a los responsables de las parcelas seleccionadas, la interpretación de cartografía temática y la observación directa en campo fueron actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos.

### 2.1.1 Acopio y procesamiento de información documental.

Se realizó a partir de la consulta bibliográfica especializada, para establecer los fundamentos teóricos sobre los que se desarrollaría el trabajo de investigación, la revisión fue en medios impresos, tesis, artículos, libros, también se usaron medios digitales, archivos magnéticos sitios de navegación y páginas de internet.



### 2.1.2 Caracterización geográfica del área de estudio

Como ya se ha mencionado el Estado de México es uno de los principales productores de maíz Cacahuacintle junto con Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, en el estado de México destacan los municipios de Calimaya (considerado uno de los principales productores), Tenango del Valle, Metepec, Santa María Rayón y San Antonio la Isla estos municipios cuentan con características especiales que le confieren la exclusividad de su siembra (Sarmiento & Castañeda, 2011). Para realizar la caracterización geográfica se partió de los factores formadores del suelo y la localización de la zona de estudio, se utilizaron los archivos vectoriales de la carta topográfica escala 1:50000, y los archivos vectoriales de certificación de Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2010).

Los elementos geológicos, geomorfológicos, suelos, vegetación asociada e hidrología se obtuvieron de las cartas, topográfica, geológica, geomorfológica, de suelos, de INEGI escala 1:50000, carta climática INEGI escala 1:20000 y trabajos previos, también se utilizaron registros de biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Serie 5 de uso de suelo y vegetación. Resultando la cartografía base, la localización y la distribución espacial de cada componente, a través de mapas temáticos, mediante software de sistemas de información geográfica (ArcGis 10.x).

### 2.1.3 Condiciones Agroecológicas del maíz Cacahuacintle

#### Prácticas agrícolas

Para conocer más acerca de la historia productiva del terreno se aplicaron entrevista semiestructuradas (Anexo 1), en estas entrevistas se obtuvieron datos generales socioeconómicos del productor y datos específicos acerca de

la forma en que se produce: como tipo de fertilización, si se aplica en suelo o foliar, cuánto y en qué momento del año se aplica, manejo en general del suelo y del cultivo(prácticas agrícolas), rendimientos promedios, características fisicogeográficas en la zona productora.

#### 2.1.4 Calidad de Suelos

##### Muestreo

Diversos autores, Bonifacio, Salinas, Ramos, González, Huerta, Hernández Téllez-Silva, Herrera, Tapia y dependencias como CONABIO, ICAMEX, INEGI coinciden que la siembra de Cacahuacintle es posible debido a el nicho ecológico en el que se desarrolla; sus condiciones climáticas y geográficas le favorecen, desarrollándose entre los 2600 y 2900 msnm (Tellez-Silva *et al.* 2016).

Debido a esto se estableció un perfil altitudinal que permitió realizar el estudio comparativo de tres parcelas. Para identificarlas se les nombró, parcela primera Santa María y se encuentra a los 2600msnm, la segunda Bonanza y está a 2700 msnm y la tercera Zacango y se encuentra a los 2900msnm. Después de realizar la identificación de las parcelas se definió la cantidad y tipo de muestreo para realizar las pruebas de laboratorio.

##### Unidades de muestreo

Para seleccionar los sitios de muestreo se realizó un sondeo con productores de maíz Cacahuacintle en localidades del municipio de Calimaya, se eligió a dos productores que permitieron realizar los estudios en sus parcelas, debido al costo y el tiempo se eligieron tres de ellas.

En la literatura se menciona el nicho ecológico del maíz Cacahuacintle y su delimitación a partir del rango altitudinal por lo que estos sitios se eligieron dentro de este rango desde los 2600 a los 2900 y que tuviesen manejo productivo similar entre ellos, como se menciona en párrafos anteriores.

El primer sitio Santa María se localiza en los 19°13' 4.70" latitud N y 99° 37' 33.42" longitud O, cuenta con una superficie de 12.4 ha. Y se encuentra en el rango altitudinal de los 2600msnm, el segundo sitio Bonanza en los 19° 13' 6.70" lat. N y 99° 38' 28.66" longitud O y rango altitudinal de los 2700 msnm y tiene una superficie de 3.68 has, y el tercer sitio Zacango se encuentra en los 19° 11'19.90" lat. N y 99° 39'46.74" longitud O y en un rango altitudinal de 2900 msnm y con una hectárea de superficie.

Para obtener las muestras se eligió el procedimiento de muestreo aleatorio en zig-zag. Para complementarlo se delimitaron las parcelas en áreas homogéneas en color, textura, drenaje, profundidad de suelo, pedregosidad (Abilio, 2005). En las parcelas se tomaron muestras compuestas al azar estratificadas, incrementan la precisión sin aumentar sustancialmente los costos (Roberts & Henry, 2000). Es conveniente recolectar y analizar muestras compuestas, variando entre 15 y 40 submuestras, las muestras individuales pueden presentar mayor variación, consumen más tiempo y recursos económicos (NOM-021-RECNAT 2002).

En cada área se establecieron los puntos de muestreo, alejados un metro de cada orilla, para evitar la contaminación de las muestras (Sosa, 2012). Se inició por un lado del terreno, escogiendo al azar el punto de partida cubriendo homogéneamente la unidad de muestreo. Se tomaron 27 puntos en la parcela uno, 18 en la parcela dos y 16 en la tres (Figuras 2,3).



Figura 2. Muestreo Santa María.



Figura 3. Muestreo Bonanza.

El muestreo se realizó el día primero de marzo en Santa María y en Bonanza y el día 16 de marzo en el sitio denominado Zacango, se tomaron las muestras durante la etapa de preparación del suelo.

### Profundidad de muestreo

Cuando el muestreo es para evaluar la calidad de los suelos se realiza hasta donde penetran las raíces de manera general se recomienda realizarse a una profundidad de los 20 y 30 cm. Después de remover los residuos orgánicos no descompuestos, se realizó la perforación con una barrena de cilindro cerrada, a profundidad de 45 cm, para cada punto muestreado. Cada muestra se envasó 1.0 kg en bolsa plástica y etiqueto con nombre del productor, lugar de la muestra, referenciado con coordenadas y la fecha de la colecta (Figuras 4, 5).



Figura 4. Perforacion con barrena.



Figura 5. Toma de la muestra.

Una vez tomadas las muestras se homogenizaron para preparar submuestras del mismo volumen, y se etiquetaron para laboratorio (NOM-021-RECNAT, 2002).

### 2.1.5 Determinación de calidad de los suelos

En laboratorio se realizó el pesado de las muestras antes de ponerlas a secar, después de pesarlas se extendieron sobre papel periódico para secarlas a temperatura ambiente durante varios días (Figura 6).



Figura 6. Pesado de muestra.



Figura 7. Método de cuarteo.

Después del secado se utilizó el método del cuarteo que consiste en hacer una torta circular de suelo y dividirla en cuatro (Figura 7), se desechan dos cuartos y los cuartos sobrantes se vuelven a mezclar. Tras realizar el mezclado de las muestras se pasaron por un tamizador de 20 mm, donde se obtuvieron tres muestras compuestas una por cada parcela de un peso final de 1.5 kg (Figuras 8, 9).



Figura 8. Tamizado.



Figura 9. Tamizador.

Estas fueron enviadas al laboratorio del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) para determinar las características fisicoquímicas de los suelos, el pH, Textura, Materia orgánica fácilmente oxidable, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio.

Se realizaron de acuerdo con Norma Oficial Mexicana, la cual establece las especificaciones sobre los estudios de fertilidad. En laboratorio de la FAPUR-UAEM se realizaron las pruebas de:

#### Determinación de Densidad aparente (D.A)

Para lo que se utilizó una probeta de 10 ml, que se pesó vacía en una balanza granataria, después se llenó con suelo y se cubrió con una franela, se golpea diez veces suavemente y se agrega suelo nuevamente hasta llenar los 10ml, y se pesa nuevamente. Tras este procedimiento se realizan los cálculos sustituyendo la fórmula:

Densidad aparente=peso del suelo/volumen=gr/ml.

#### Determinación de Densidad Real (D.R.)

Para la determinación de la densidad real se utilizó un matraz volumétrico de 25 ml (que sustituyo al picnómetro) agua destilada, balanza analítica, piceta, pinzas y estufa como desecador, siempre manipulado con pinzas se pesó el matraz vacío se agregó el equivalente a 5gr. de suelo y se pesó, después con la piceta se agregó una tercera parte de agua destilada, se aplicó un movimiento de rotación suave al matraz para eliminar el aire y se dejó reposar la muestra por 30 minutos aproximadamente

Tras haber desplazado todas las burbujas se llena el matraz con agua destilada hasta la marca y se vuelve a pesar, después la mezcla de suelo y agua fueron desechadas, se lavan los matraces, se secan en estufa durante

dos horas, se dejan enfriar, se rellenan únicamente con agua destilada y se pesan nuevamente, después se sustituye la fórmula siguiente:

$DR = S / S + A - (s + a)$ , donde:

S=peso del suelo

A=peso del agua

s+a=peso del agua más suelo cuando están mezclados

El porcentaje de espacio poroso se calculó, mediante la fórmula siguiente:

$\%P = 100(1 - DA / DR)$ ,

### Determinación de Humedad

Se realizó a través del método AS-05, la humedad se obtiene de la diferencia de peso entre la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco. Se pesaron las muestras traídas de campo y se realizó el secado en estufa a 105°C hasta obtener un peso constante (Figuras 10,11 y 12).

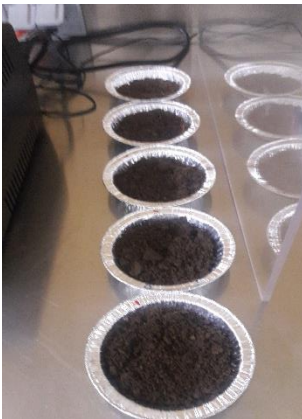


Figura 10. Muestra húmeda



Figura 11. Secado en estufa



Figura 12. Muestra seca.

## Apertura de perfil edáfico

El suelo es un cuerpo tridimensional, parte de un ecosistema, cuyo estudio debe iniciarse en campo (Porta, Lopez-Acevedo, & Roquero 2003). Después del muestreo para los estudios de calidad del suelo, es necesario describirlo y clasificarlo, para ello debe describirse el perfil (Figura 13).



Figura 13. Apertura de perfil.

Se hizo una excavación, con 70 cm de frente por 100 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para permitir la realización del estudio con comodidad, se hicieron 3 paredes verticales una inclinada para facilitar la entrada. La excavación se realizó orientada al oriente para recibir los rayos solares sin sombras, en la primera observación se tomaron notas, después se limpió el perfil con un cuchillo y se describieron los horizontes de acuerdo con la propuesta de (Siebe, Reinhold & Stahr, 2006) (Anexo 2).



## Medición de humedad durante el ciclo agrícola

Se midió con dos instrumentos distintos en diferentes momentos del ciclo agrícola. Con una barrena de acero se perforó para obtener muestras a diferentes profundidades de acuerdo con los horizontes obtenidos en cada perfil, 0-10 cm, 10-35, 35-60, 60-75 y mayores de 75 cm, con un lector de sensores marca Procheck se midió la humedad, la temperatura y la conductividad en cada muestra tomada (Figuras 14, 15).



Figura 14. Perforación con barrena.



Figura 15. Perfil con barrena.

Con un medidor manual pH y humedad de suelo marca Kelway HB-2 que cuenta con electrodos sensibles para la medición se tomaron datos de humedad y pH (Figura 16).



Figura 16. Medición de pH y humedad con Kelway HB-2.

## Respiración

La medición se realizó en septiembre, el suelo se encontraba a capacidad de campo, se limpió el área de muestreo, con un anillo de PVC de 15 cm se clava en el suelo utilizando una maceta y un pedazo de madera, se entierran 7.5 cm en el suelo, se cubre con una tapa, después de 30 cm se inserta un termómetro de suelos en un tapón de goma de la tapa a 2.5 cm aproximadamente y se hace la conexión a un tubo Draeger, el cual se pinta de color púrpura (Figuras 17, 18).



Figura 17. Medicion de Co2.



Figura 18. Tubo Draeger.

### 2.1.6 Elaboración de Herbario.

Se realizó la colecta de los arvenses que se encontraron de las áreas de estudio, se extrajeron tratando de obtener los ejemplares lo más completos posible, se guardaron en bolsas transparentes y se etiquetaron, en laboratorio se colocaron sobre papel cada ejemplar, y se metieron en una prensa para extraer la humedad, se etiquetaron y clasificaron.

## 2.2 Caracterización de la zona de estudio

### 2.2.1 Medio Físico-geográfico

El Valle de Toluca está localizado al centro del Estado de México, dentro de la cuenca del río Lerma, y la sierra de las cruces es quien lo separa del Valle de México, se compone de 22 municipios, entre ellos se encuentra el municipio de Calimaya (Plan de Desarrollo Municipal, (PDM) 2013-2015). La zona de estudio se encuentra dentro de este municipio, localizado entre los 19° 06' y 19° 14' de latitud norte; los meridianos 99° 32' y 99° 44' de longitud oeste; con altitud entre 2 500 y 4 200 msnm; y altitud media de 3, 150 msnm. Las unidades de estudio se escogieron en un rango altitudinal que va de los 2600, a los 2900 msnm. El sitio 1, se le asignó el nombre de Santa María Nativitas, que se encuentra a los 2600 msnm, el segundo caso de estudio se encuentra en un rango altitudinal de 2700 msnm, se le nombró Bonanza, y el tercer sitio, que se encuentra en los 2900 msnm se le nombró Zacango (Figura 19).

Geográficamente la parcela denominada bonanza se encuentra dentro del municipio de Metepec, pues se encuentra en la zona límite de este y Calimaya, más el productor le reconoce como de Calimaya, al ser otra de sus propiedades se encuentra bajo el mismo manejo productivo y dentro del rango altitudinal de los 2700msnm, razón por la que se consideró para el estudio.

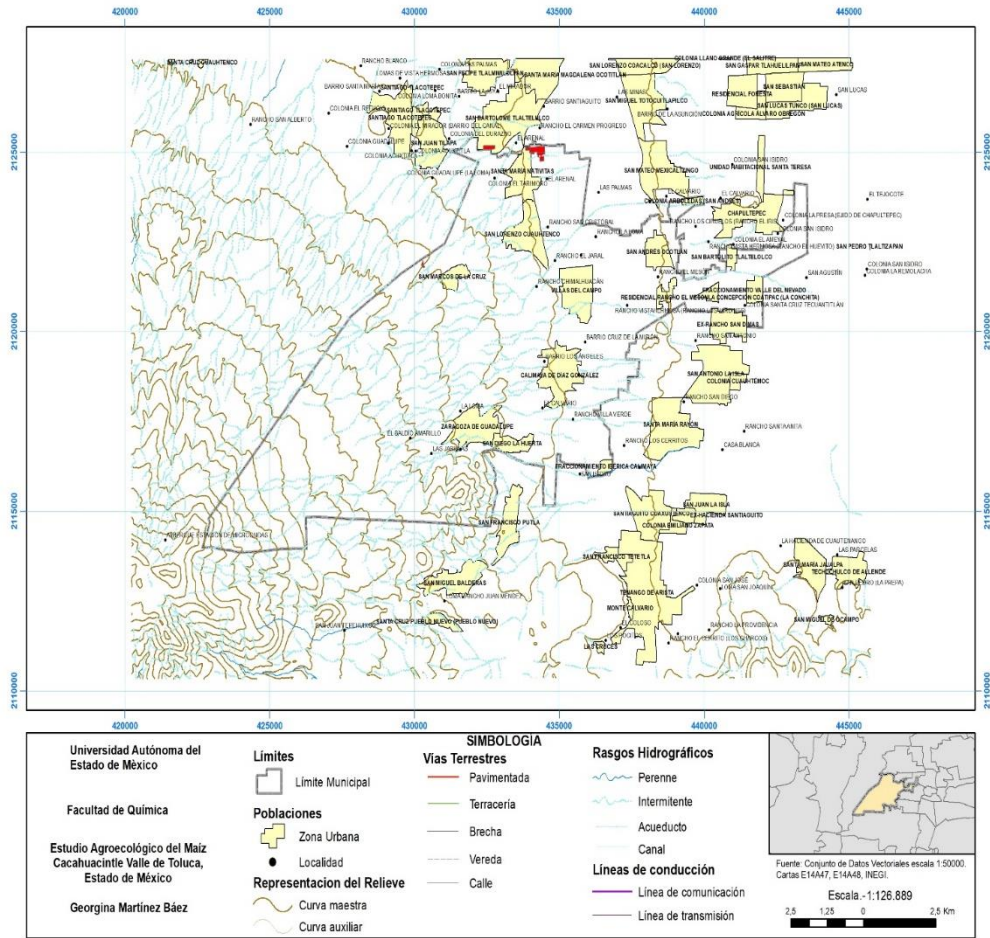


Figura 19. Localización y Zonas de estudio.

Fuente: Elaboración con base en cartas topográficas E14A47, E14A48, serie III, escala, 1:50,000 INEGI 2013.

## Litología

El municipio se encuentra en la ladera noreste del Volcán Nevado de Toluca, de composición dacítica-andesítica que se vincula a zonas de subducción (Yarza, 2003). La actividad volcánica en la región inició hace 1.6 -1.3 millones de años, exponiéndose a erosión intensa (Cantagrel, Robin & Vincent, 1981) resultando en lahares y sedimentos fluviales (García *et al*, 2002).

Se observan (Figura 20) tres unidades geológicas ligadas a los procesos de formación, dacitas, andesitas y piedra pómez en mayor cantidad, este material es quien da origen a los suelos en la zona. Un 70% del municipio es ocupado por una segunda unidad litológica de material volcanoclástico producto de las erupciones plinianas de las últimas fases eruptivas, de oleadas y flujos piroclásticos de pómez (Caballero, 2007). Una tercera unidad litológica representando un 24% de la superficie municipal, esta unidad se forma de material aluvial, que es el depósito, producto de la erosión, remoción y depósito de material extrusivo volcanoclástico de las dos unidades anteriores.

Las parcelas de estudio se encuentran en la segunda y tercera unidad litológica en los 2600 msnm Santa María y Bonanza con 2700 msnm se encuentran en la zona de depósito, con material litológico aluvial, y Zacango, en los 2900 msnm se encuentra en la zona de transporte, y depósito, con material litológico ígneo extrusivo que corresponde a la erupción pliniana de pómez superior.

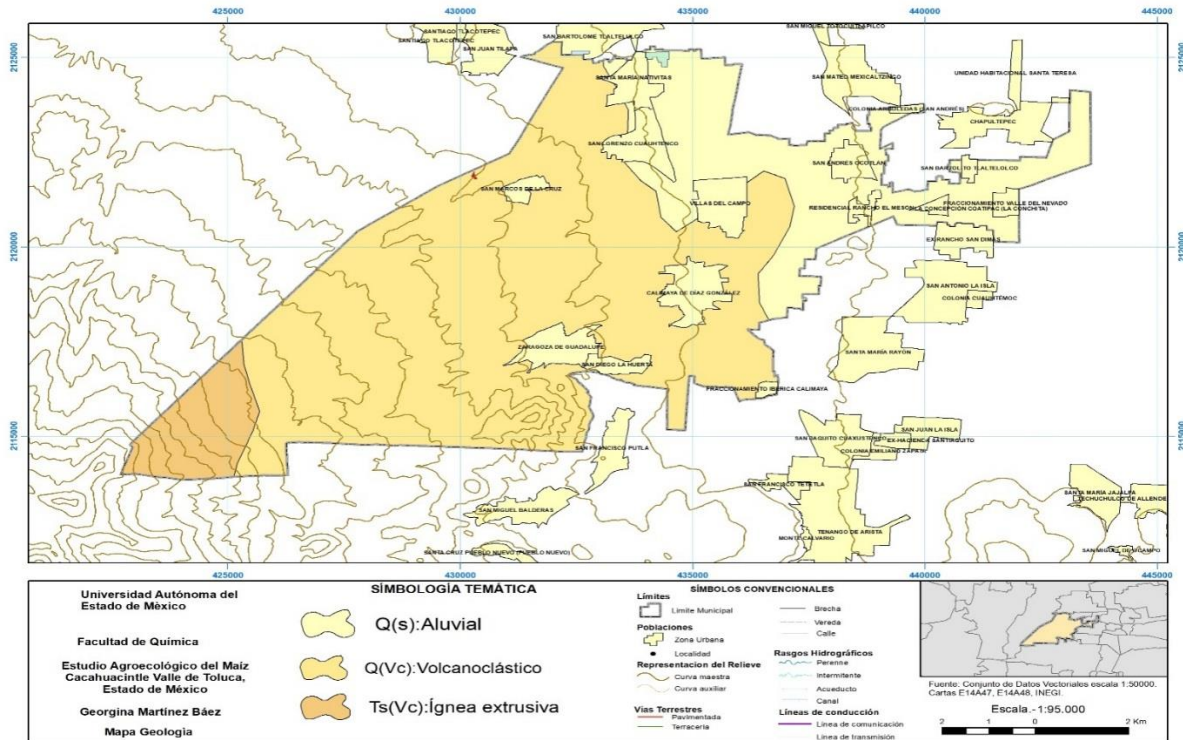


Figura 20. Calimaya de Diaz Gonzáles, unidades litológicas

Fuente: Elaboración con base en las cartas geológicas E14A47, E14A48, escala 1:50,000 INEGI 1975.

## Suelo

Los suelos son cuerpos tridimensionales continuos en tiempo, secciones de la pedosfera, donde el material es transformado, se desarrollan en función de factores formadores, Roca (material de origen) el relieve (procesos formadores) clima, el tiempo y la acción de los organismos, bajo la influencia el clima y el medio natural (Porta, López-Acevedo & Roquero 2003; Buol, 1991; Laatsch & Schlichting, 1959) se obtuvieron 6 grupos de suelos, con dos subtipos en el municipio (Figura 21).

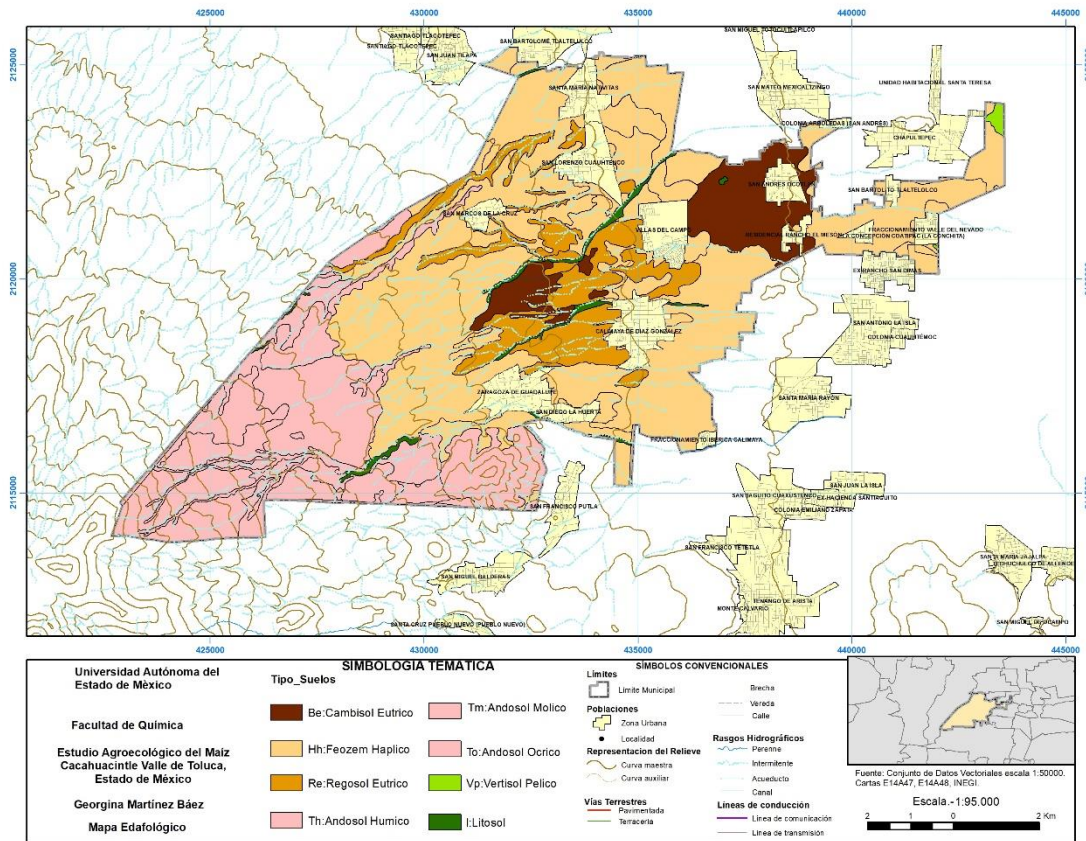


Figura. 21 Calimaya de Díaz Gonzáles, unidades edafológicas  
 Fuente: Elaboración con la carta edafológica E14A47 E14A48, escala 150:000 INEGI, 1976.

La mayor parte del municipio con distribución oriente poniente está ocupada por suelo Feozem háplico (53%) las unidades de estudio comprendidas entre los 2600 y 2700 msnm (Santa María y Bonanza) se encuentran en este tipo de suelo, tiene un alto contenido de materia orgánica (FAO, 2015). Tiene alta saturación de bases, son suelos porosos, fértiles, buenos para el cultivo, soportando cultivos de riego o temporal, son erosionables e inundables, se encuentran en terrenos con poca pendiente, y sus profundidades varían por lo que se utilizan mucho en la agricultura de riego o temporal (WRB, 2015).

Concentrado al centro y norte del municipio se encuentra un suelo Regosol Eútrico, la tercera unidad de estudio (2900 msnm) está sobre esta unidad

edáfica, de material volcanoclástico, producto de la fase eruptiva pómez superior. Del griego “reghos” manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca, son de color claro, tienen poco contenido de materia orgánica, muy parecidos a la roca que les dio origen (FAO, 2015). Su fertilidad está condicionada por la profundidad y la pedregosidad (INEGI 2004) son suelos de poca profundidad y poco consolidados, requieren de riego, tienen baja retención de humedad (WRB, 2015<sup>3</sup>)

### Uso de suelo y vegetación

El municipio se caracteriza por la existencia de especies de alta montaña, sus especies representativas son el pino (florísticamente dominados por *Pinus hartwegii*, *Quercus mexicana* y *Abies religiosa* (Martínez, 1979 p. 57 citado por Juan *et al*, 2015).

En el municipio destaca la agricultura de temporal anual permanente, ocupando un 82% de la superficie municipal (Figura 22), (1%) de temporal se extiende desde los 2500 hasta los 3100 msnm coincidiendo con el material volcanoclástico y con la unidad edáfica de Feozem, las tres unidades de estudio se encuentran ocupadas por agricultura anual de temporal, siendo el Cacahuacintle lo que se siembra en ellas. Finalmente ocupando un 3% de la superficie total municipal están las zonas urbanas la más representativas son Santa María Nativitas, San Lorenzo Cuauhtenco, Calimaya de Díaz González, San Andrés Ocotlán, Rancho el Mesón, Zaragoza de Guadalupe y San Marcos de la Cruz.

---

<sup>3</sup> En sus clasificaciones más reciente la WRB desaparece el termino litosol y lo sustituye por el término Leptosol.



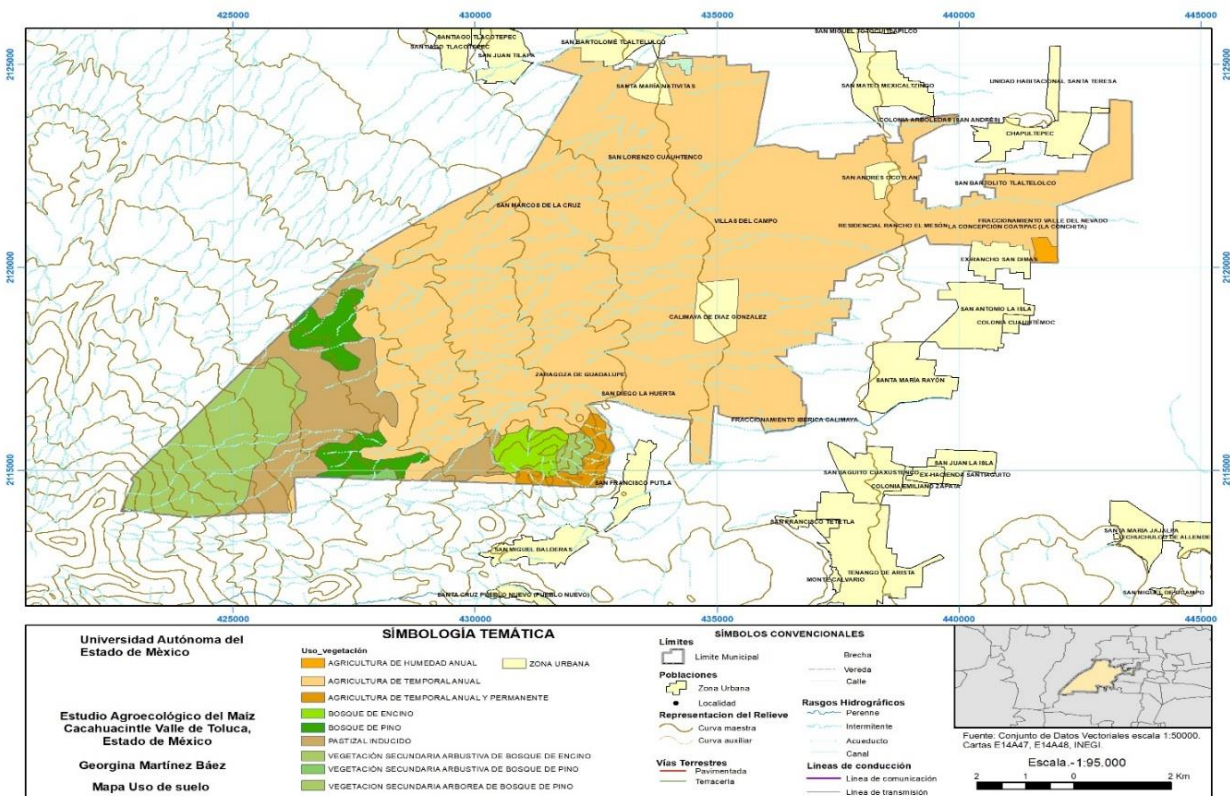


Figura. 22. Calimaya de Díaz Gonzáles, uso de suelo.

Fuente: Elaboración con la carta uso de suelo serie V. E14A47, E14A48, escala 1: 50000 INEGI.

## Clima

En la región predomina el templado semifrío lluvioso (Cw), su promedio mínimo es de 4°C durante los meses de noviembre a enero, su temperatura más elevada durante el año se ha registrado durante los meses de abril a junio y se ha registrado por debajo de los 22 grados centígrados, aunque durante las últimas décadas la temperatura ha incrementado llegando la mínima en promedio a 4.2°C y el promedio máximo en 22.6 C° Sistema Meteorológico Nacional (SMN, 2016). La temperatura media anual varía entre los 12 y 14 °C (PDM 2013-2015). En el mapa se aprecian tres regiones climáticas, en la parte alta un clima frío (E (T) (Figura 23).



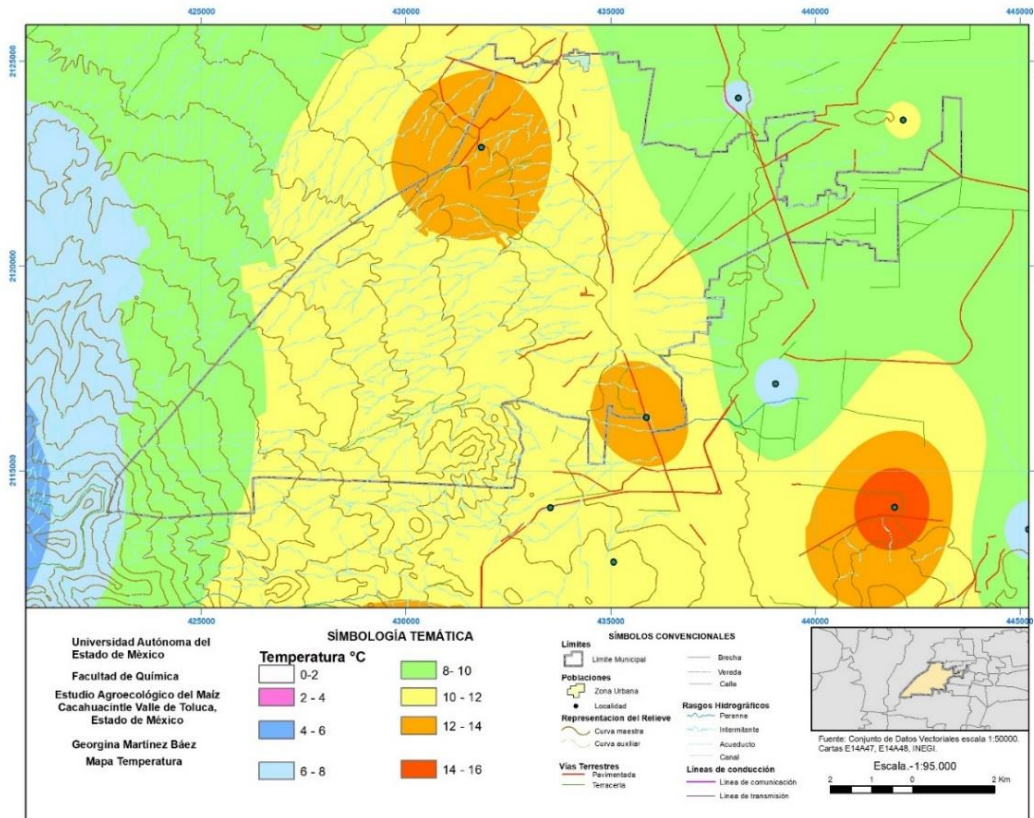


Figura 24. Calimaya de Díaz González, distribución de Temperatura  
Fuente: Elaboración con datos de CONAGUA, 2016.

Las unidades de muestreo poseen temperaturas de entre 4°C a 14° C, temperaturas de 4° C a 8°C arriba de los 2700 m y hasta los 2600 m, temperaturas de 10°C a los 14 °C.

### Precipitación

Las lluvias predominan en verano, desde mayo a octubre siendo de junio a septiembre los meses más lluviosos y el período más seco se encuentra de noviembre a marzo (SMN), (Figura 25 y 26). En el mes de agosto se dan las condiciones más húmedas con precipitaciones máximas de 190 mm, anualmente la precipitación varía entre los 800 y 900 mm (PDM 2015). Las tres unidades se encuentran en el mismo rango de precipitación media anual, de 800 a 900mm (Figura 27).

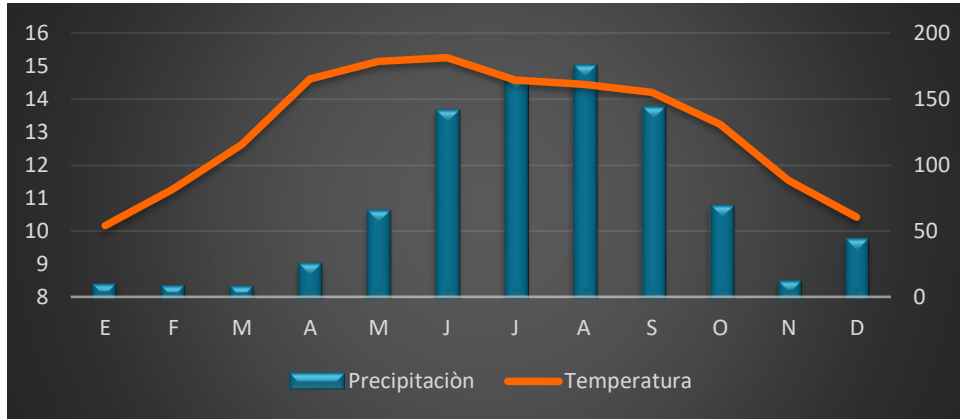


Figura 25. Precipitación y Temperatura promedio años 1986-2011. Estación Meteorológica 15373(Rancho Villa Verde) Elaboración con datos del Sistema Meteorológico Nacional (2016)

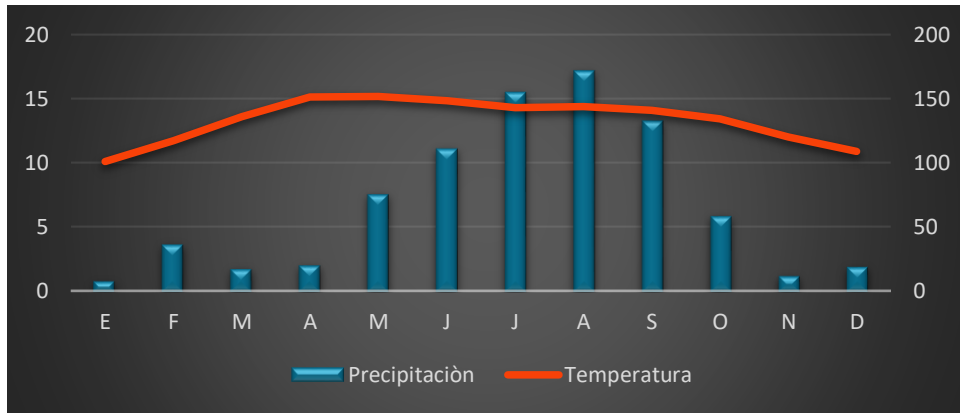


Figura 26. Precipitación y Temperatura promedio años 1986-2011. Estación Meteorológica 15395(Zacango). Elaboración con datos del Sistema Meteorológico Nacional

Las zonas bajas 2500 y 2600 msnm al oriente, 2500 a 3000 msnm en el norte del municipio, presentan precipitación de 800 a 900 mm anuales, en las zonas altas de 3200 a 4000 msnm, entre 900 y 1,100 mm (Figura 27).

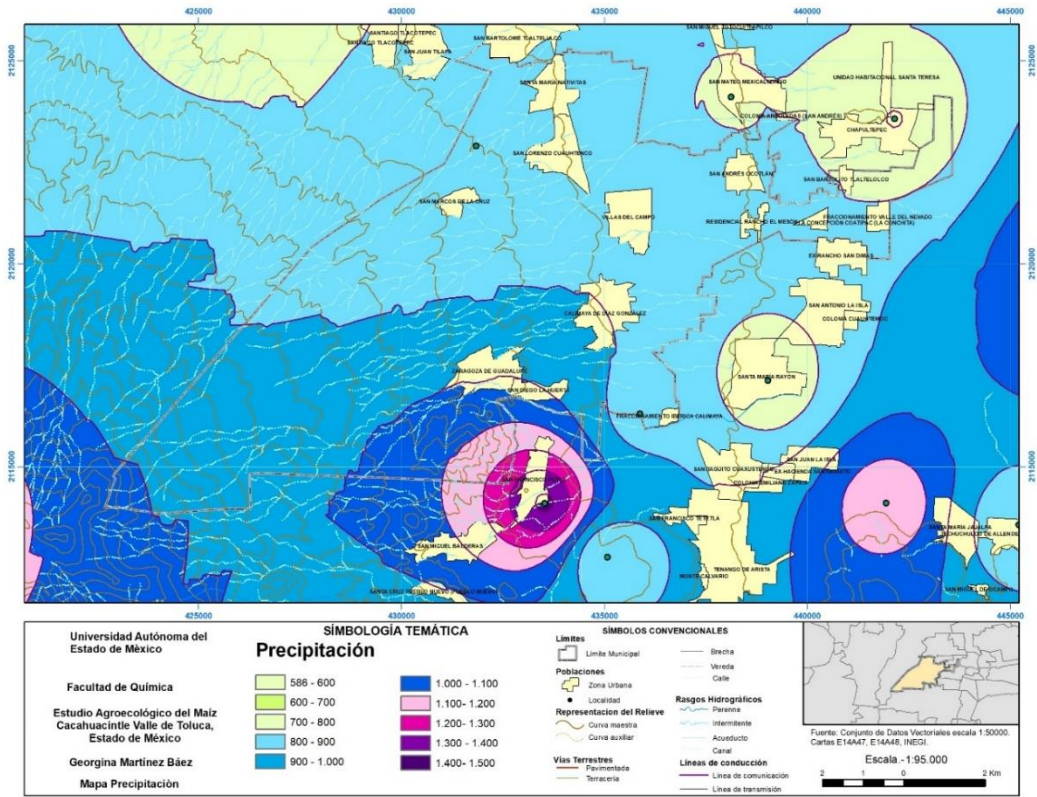


Figura. 27 Calimaya de Díaz González, Distribución de Precipitación  
 Fuente: Elaboración con datos de CONAGUA 2016.

## Relieve

Dentro del municipio se pueden caracterizar las formas del relieve de la siguiente manera al oriente se encuentra planicie con pendientes de 0 a 3° de origen volcanoclástico y material aluvial que resulta en suelos tipo feozem, se usa para la agricultura principalmente, las dos primeras unidades de estudio se encuentran dentro de esta geoforma. El pie de monte se encuentra en la base del macizo montañoso, con pendientes de 3 a 15°, de origen volcanoclástico (Espinoza, 2001), este material es de composición dacítica, en esta geoforma se encuentra la tercera unidad de estudio (Figura. 28).

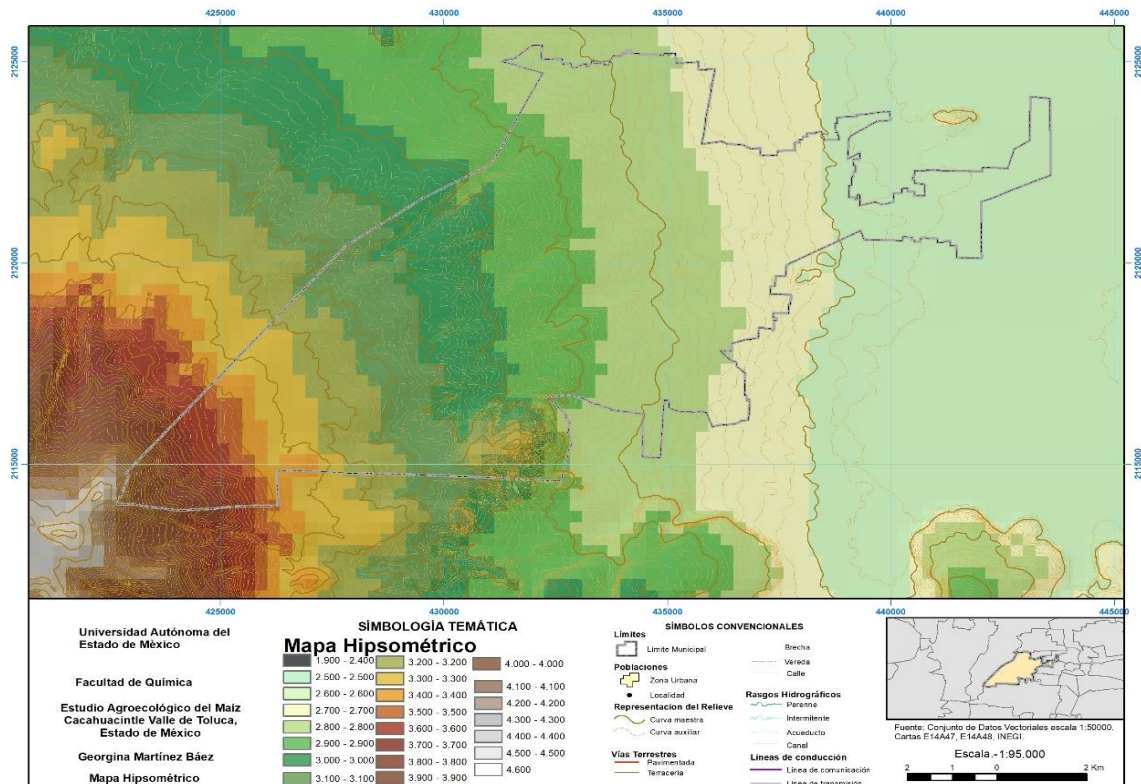


Figura 28. Calimaya de Díaz Gonzáles, Pisos Hipsométricos.  
Fuente: Elaboración con base en cartas topográficas E14A47, E14A48 serie III, escala 1:50,000 INEGI 2013.

## Hidrología

El sistema hidrográfico pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago, la cuenca Lerma- Toluca, y a la subcuenta Almoloya, la red de drenaje se describe como dendrítica y asimétrica que forman parte de la cuenca alta del Lerma (Espinoza, 2001).

### 2.2.2 Caracterización socioeconómica

El nombre de Calimaya proviene del náhuatl y significa “lugar donde se construyen casas”. La extensión territorial del municipio es 104.26 kilómetros<sup>2</sup>, ocupa el 0.46% de la superficie estatal (Instituto de Información e Investigación geográfica, estadística y catastral del Estado de México, IGECEM, 2011). De acuerdo con el censo de población de 2010 el municipio tenía 47,033 habitantes, 23,061 hombres y 23,972 mujeres, en cinco años

la población ascendió a 56, 574 habitantes, (INEGI, 2015). Las estadísticas muestran la tasa de crecimiento media anual de 3.96 en 2015; 8,263 nuevos habitantes (en cinco años), el municipio presenta crecimiento de tipo social, llegando población de otras regiones. El aumento poblacional entre 2010 y 2015 fue de 9,541 nuevos habitantes, entre 1995 al 2000 fueron incorporadas 104, 98 ha. para uso urbano, debido a este aumento poblacional. El Consejo Nacional de Población (CONAPO) proyecta que para el año 2020 su población incrementará en 22.7%, por lo tanto, lo que hace necesario pensar en los espacios que se destinaran a nuevas viviendas, este incremento está ligado a la tasa de natalidad y las condiciones de inmigración. Estos factores han provocado un cambio en la ocupación de uso de suelo, de forestal a agrícola, y de agrícola a urbano. Sin mencionar la extracción de material pétreo, las actividades locales se han ido transformando con el proceso de urbanización, y nada garantiza que este proceso sea armónico y responda a las expectativas poblacionales, aun cuando subsisten actividades tradicionales (agropecuarias, artesanales, domésticas). (PDM, 2019-2021). (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Población económicamente activa por año según sector de actividad económica, 2010 y 2017.

	<b>PEA</b>	<b>Agropecuaria, silvicultura y pesca</b>	<b>Industria</b>	<b>Servicios</b>	<b>Comercio</b>	<b>No especificado</b>	<b>Población desocupada</b>
2010	17,112	1,711.2	5,133.6	6844.8	3422.4	ND	ND
2017	26,748	3,322	6,435	15,986	No desagregado	119	886

Fuente: IGCEM. Dirección de Estadística con información del INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2010 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2018, en Plan de desarrollo municipal 2019- 2021: 53.

Los datos del plan de desarrollo municipal 2015 (PDM, 2015) y el plan de desarrollo municipal 2019- 2021(PDM, 2018), indican un incremento de 9,636 personas en la población económicamente activa (PEA), al pasar de

17,112 a 26,748. La población que se ocupa en el sector primario representa 12.4% de la PEA municipal. El sector agropecuario, silvicultura y pesca aporta 7.6% del producto interno bruto municipal. Aparentemente se ha incrementado la PEA ocupada en el sector primario, lo que se debe principalmente a la ocupación en la extracción de material pétreo y no necesariamente en agricultura, las actividades de servicios y comercio son las predominantes.

La comparación de imágenes satelitales de los años 2000 y 2014, muestran el cambio de ocupación de suelo (PDM, 2019-2021). Estos cambios son significativos, los bosques registran pérdidas de cobertura, cambiando por áreas agrícolas, pastos inducidos o cultivados, principalmente se ve reflejado el crecimiento de conjuntos habitacionales y zonas de extracción de material, las políticas públicas permiten estas actividades sin considerar los efectos de estos cambios de ocupación de suelo. El aprovechamiento actual del suelo está determinado por la demanda de vivienda, la extracción de material pétreo, la expansión del espacio agrícola ocasionando problemas que afectan el medio físico y biológico.

### 2.2.3 Producción de maíz Cacahuacintle, Calimaya, 2004-2018.

Tal y como se describió la actividad agrícola pierde posicionamiento respecto a otras actividades económicas. Distintas fuentes reportan datos sobre la superficie sembrada en el municipio de Calimaya, para el año 2019 se registraron “67 mil 49 has; de éstas, 5 mil 150 están dedicadas a la siembra del maíz Cacahuacintle en grano, el 87 por ciento de la superficie cultivada” (Velázquez 2019), aunque el cultivo más representativo es el maíz, también se cultiva avena forrajera, papa, cebada y flores (Juan *et al.*, 2015), en general se estima que esta superficie decrece debido al cambio de uso de suelo producto del crecimiento de zonas habitacionales y la extracción de material para la construcción (PDM, 2019). Según datos oficiales en el año del 2010 se obtuvieron 31,759 ton de maíz (Estadística municipal básica,



2013), el dato general engloba al maíz Cacahuacintle, en opinión de (Alonso, 2015) es el más cultivado en el municipio de Calimaya debido a las condiciones climáticas particulares.

La comparación de indicadores de la producción de maíz Cacahuacintle en Calimaya, en el período 2004-2018 muestran la fluctuación de la superficie sembrada, en un rango de 5,000 a casi 6,000 has. en los años 2004-2006, con producción cercana a 25,000 ton. En el período 2007-2010 se sembraron menos de 3,000 ha y la producción oscilo entre 10,000 y 15,000 ton. En 2011 aumentó la superficie sembrada y disminuyó la producción debido a la fuerte sequía que afectó a todo el país. En el período 2012-2018 se incrementó la superficie sembrada de 3,500 hasta 4,500 ha en el último año, la producción alcanzó 20, 000 toneladas.

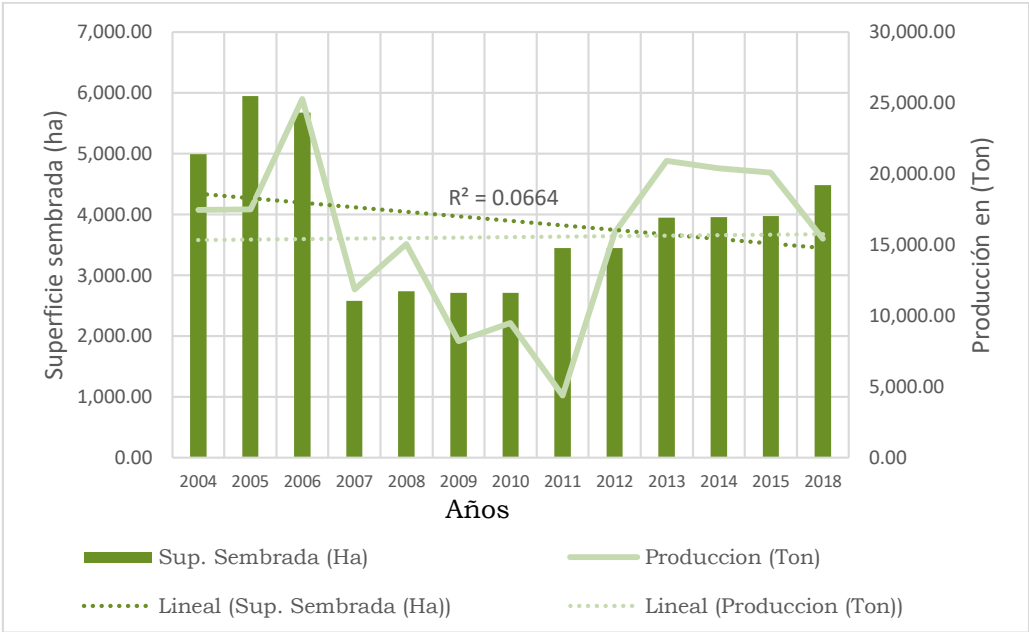


Figura 29. Gráfico de la superficie sembrada y producción de Cacahuacintle en el municipio de Calimaya.

Elaboración con base en SAGARPA, 2018

La relación de rendimiento (ton/ha) y precio medio rural, muestra que el primer indicador experimento oscilaciones en distintos años, en los años 2004 y 2005, 3.5 a 3.0 ton/ha. Los años 2006-2008 puede considerarse

como el despegue de los rendimientos, el maíz Cacahuacintle alcanzó 4.5 a 5.5 ton/ha, un precio de 4,500 a 5,500 pesos por tonelada.

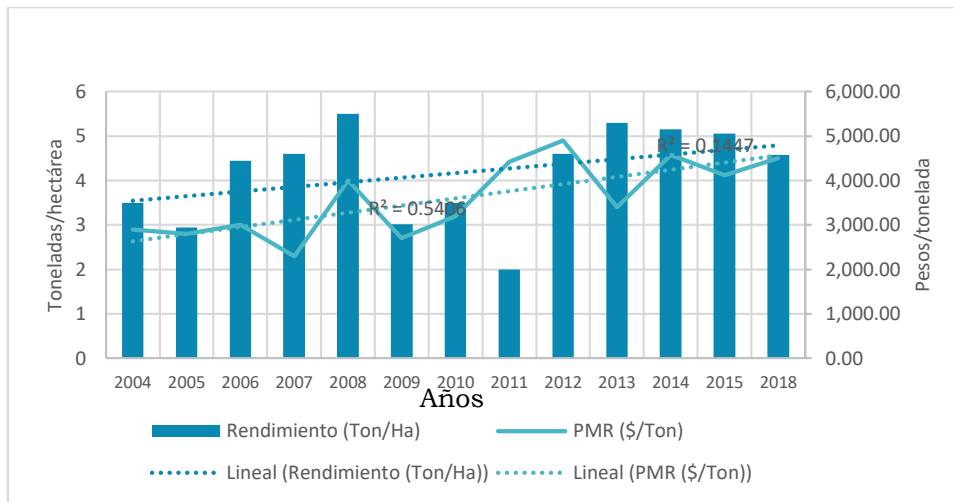


Figura 30. Gráfico del Rendimiento y precio medio rural de Cacahuacintle  
Elaboración con base en SAGARPA, 2018

En el período 2009-2011 decrecen los rendimientos por debajo de la 4 ton/ha, el caso 2011 apuntamos antes por sequía, el precio disminuyó por debajo de 4,000 pesos/ton. En el período 2012-2018 los rendimientos se mantuvieron entre 4.5 y 5.0 ton/ha, y el precio medio rural ligeramente por debajo de 5,000 pesos/ton. La situación indica que el maíz Cacahuacintle ha alcanzado su máxima productividad, 5.0 ton/ha, y el precio medio rural estandarizado les afecta, este precio pueden mejorarlo con mucho esfuerzo debido a que esta raza de maíz se vende despuntado para usos alimenticios e industriales. Habría que precisar que 5.0 ton/ha es el rendimiento promedio en sistemas de maíz de buen temporal en el Estado de México, lo cual también advierte que compite en condiciones desventajosas con Jalisco y Sinaloa, actualmente los principales productores de maíz. En el caso del maíz Cacahuacintle se produce en otras regiones del altiplano mexicano, Puebla y Tlaxcala, que de acuerdo con la información oral que obtuvo Sarmiento (2010) los productores de estas regiones llevan semilla de la región del valle de Toluca.

# **CAPÍTULO III**

RESULTADOS DEL ESTUDIO AGROECOLOGICO  
DELCULTIVO DE MAIZ CACAHUACINTLE

### RESULTADOS

No hay duda de que el maíz es uno de los principales cereales en el mundo y el más importante en México, ocupa el primer lugar en rendimiento de grano por hectárea y el segundo en producción total, después del trigo. Existe evidencia arqueológica en México, que se cultivó para alimento desde hace ocho mil años aproximadamente. La diversidad de los lugares en los que este cereal se cultiva es mayor que cualquier otro cultivo (FAO, 2018). En las culturas prehispánicas el maíz fue el material con el que el hombre fue creado, un cereal esencial, en su alimentación y creencias religiosas (Gobierno de México, 2017), en la actualidad su importancia no ha cambiado y se le ha agregado valor debido a su transformación en diversos productos. La capacidad de adaptación del maíz tiene ver con las características fisiológicas de la planta, *“los maíces de los valles altos difieren morfológica y agrónomicamente de las razas de altitudes medias y bajas”* (Goodman & Bird, 1977; Cervantes *et al.*, 1978, p. 5 citado por González 2007) pero principalmente se adapta a la presión selectiva del hombre, que interactúa con las presiones naturales del medio físico y biológico (Sánchez *et al.*, 1999), el trabajo y conocimiento del agricultor, han sido fundamentales en la adaptación histórica del maíz. En México el maíz se ha mejorado a través de la selección desde tiempos prehispánicos debido a las condiciones agroclimáticas particulares, generando nichos ecológicos y mercados específicos, como el Cacahuacintle, que solo se da en los valles altos, de los 2,200 a 2,900 msnm (FIRA, 2000).

### 3.1 Manejo agrícola del maíz Cacahuacintle en parcelas seleccionadas

**Cuadro 5.** Calendario Agrícola para el ciclo productivo del maíz Cacahuacintle

Tareas agrícolas	Enero	febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero
Preparación del terreno, aplicación de abono orgánico	■	■	■										
Siembra			Z B	SM									
Aplicación de insecticida, fertilizante, herbicida				■	■	■	■						
Desahije							■	■					
Control de plagas, Aplicación de insecticida							■	■					
Deshierbe manual (escarda) Se quita planta que no produzca								■	■				
Cosecha												■	■
Almacenamiento /Procesamiento												■	■

Elaboración con información de entrevista a productores.

El ciclo agrícola en los tres sitios de estudio inicia con la preparación del terreno, el productor que maneja la unidad productiva Santa María inicia la preparación a mediados del mes de enero hasta el mes de marzo, realiza dos escardas, la primera, donde se limpia la tierra se quita la hierba y se pica e integra al suelo, la aguasol (residuo de caña) ablandamiento de suelo y el volteado de la capa arable (Figura 31). Se realiza con tractor con implemento: discos de rastra y arado (Figura 32). Se realiza una segunda rastra y se aplica abono orgánico (estiércol de borrego) a finales de marzo.



Figura 31. Discos arado.



Figura 32. Volteado de la tierra.

El productor que maneja los predios Bonanza y Zacango inicia también la preparación del terreno a mediados del mes de enero, realiza dos escardas y dos rastras antes de iniciar la siembra, a diferencia del productor número uno, no integra todo el rastrojo al suelo, usa una parte para animales, lo hace de manera mecánica con tractor y complementos: rastra y arado.

Los periodos de siembra son diferentes en cada sitio de acuerdo a la altitud en la que se encuentran, en la parcela Zacango ubicada a los 2,900 msnm, la siembra debe iniciar los primeros días de marzo entre el primero y el quince, en Bonanza que se encuentra a los 2,700 msnm se siembra en la segunda mitad de marzo, del 15 al 30 y las zonas más bajas inician con esta actividad en el mes de abril, dentro de las dos primeras semanas; esta particularidad obedece tanto a la altitud como a la temperatura, a mayor altitud, menor temperatura, las bajas temperaturas retrasan el ciclo de germinación la etapa del desarrollo vegetativo es más lenta, por lo que se inicia antes, para que los trabajos y el crecimiento se emparejen durante el final de esta fase<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Entrevista con productor Alberto Bobadilla Muciño



Figura 33. Implemento Sembradora.

Los productores siembran de manera mecánica, con tractor ( Figura 33) en Santa María inicia los primeros días de abril, el productor ocupa solo dos personas para esta actividad, conjuntamente realiza una tercera escarda para quitar los brotes de maíz zapato, después hace la enrazada(deshacer surcos y poner al ras la tierra) en este momento aplica el herbicida, comenta que hay quien también pone fertilizante en esta etapa pero a él no le gusta “ porque al hacer la siembra pueden caer lluvias que compactan la tierra, y se endurece, entonces se pudiera apretar por lo que si se requiere volver a sembrar ese fertilizante se pierde<sup>5</sup>”.

El segundo productor inicia la siembra del 1 al 15 de marzo en la parcela de los 2,900msnm y el quince de marzo en la que está ubicada a los 2,700msn, aplicando en este momento el abono orgánico (Figura 34) (estiércol de borrego, este proviene de los animales que ellos mismos crían) y realiza la enrazada.

---

<sup>5</sup> Entrevista con Alberto Bobadilla Muciño



Figura 34. Aplicación y distribución de abono orgánico

El productor uno realiza tres aplicaciones de fertilizante en el suelo, la primera 30 días después de la siembra (finales de abril) y después en mayo y junio, el herbicida en junio y julio hace una segunda aplicación de abono orgánico en el mes de junio. El productor dos realiza los mismos trabajos en ambas unidades productivas salvo la siembra, hace dos aplicaciones de herbicida en el mes de julio y agosto, el fertilizante en marzo y en mayo (una aplicación es foliar y la otra la realiza al suelo), dos aplicaciones de insecticida en junio y agosto y tres aplicaciones de abono orgánico, en marzo, abril y mayo.

Entre junio y julio se realiza el desahije, esta actividad para las tres unidades productivas, consiste en “quitar las ramas sobrantes de las matas de maíz, (quitar los hijos) estas le “restan fuerza a las matas principales<sup>6</sup>”, además de hacerlas pesadas, que con viento provocaría el acame (la planta se acuesta por el viento, el peso o por alcanzar su madurez y no ser cortada). Las plagas que enfrentan los productores son el pulgón, la araña roja, el

---

<sup>6</sup> Entrevista con Alberto Bobadilla Muciño



alfilerillo, el frailecillo y el pulgón, y fenómenos naturales como el granizo y el acame son los que más les afectan.

Comienzan la cosecha después del 15 de noviembre, para asegurarse que el grano esta duro y tiene muy poca humedad para que al almacenarlo no se manche, la selección del grano para resembrar se da en el período de almacenamiento/procesamiento. Las características de la planta que influyen en la selección masal, fundamentales para lograr plantas más resistentes son: la posición de la caña en la mata (debe estar a la mitad) la forma del grano, el grosor del olote.

La disposición final de la cosecha es para la venta en grano, utilizan solo un porcentaje para alimentar animales, el productor de Santa María cosecha el producto de manera manual, y el productor numero dos utiliza una cosechadora, el maíz se extiende en bodegas, para evitar el manchado por humedad se desgrana y se descabeza (corte de pedicelo), este corte se realiza de manera manual grano por grano (Figura 35).



Figura 35. Corte de pedicelo.

El productor de Santa María lo empaqueta en costales y lo vende a intermediarios o a la comunidad, el productor de Bonanza y Zacango le da tratamiento y lo empaqueta, lo vende precocido, lo que le da un valor agregado a su producto.

Las prácticas agrícolas de ambos productores son similares, la preparación del suelo la realizan de la misma manera, salvo por las diferencias de fechas dependiendo de la altitud a la que siembran, aplican herbicidas, abonos e insecticidas de diferentes marcas, varía la cantidad de veces que lo hacen. La siembra y cosecha se diferencia en los implementos que usan, y el tratamiento que se le da después de la cosecha.

El sistema productivo del Cacahuacintle, como todos los sistemas depende de las sinergias de los componentes, los físicos, sociales y económicos, estos se entrelazan, la producción del maíz Cacahuacintle se lleva a cabo por personas de la comunidad, a quienes se les da trabajo, esta producción se vende dentro de la misma comunidad y a terceros, principalmente se vende para envasarlo, aunque también se utiliza para consumo en tortilla, masa, harina y como semilla para resembrar, lo que permite la conservación de la semilla nativa, la selección y mejoramiento de la misma, los ingresos que se generan ayudan a la manutención de las familias. El beneficio económico que obtienen no es el único, también se beneficia con su consumo y como alimento de animales, una parte de esta producción está destinada para este fin, los animales que tienen los productores sirven para alimento y/o venta y sus desechos proporcionan abono orgánico para el cultivo, que mezclado con los desechos del mismo cultivo (aguasol) se integran al suelo y se utilizan como fertilizante. La integración de este residuo ayuda a mejorar la salud del suelo (Figura 36).

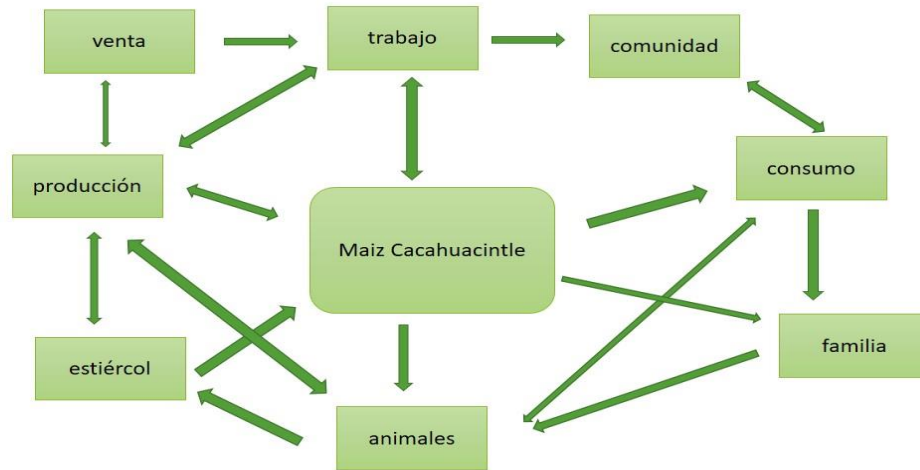


Figura 36: Modelo sistémico

Los trabajos durante el proceso de siembra tienen diferentes nombres, cada actividad se realiza con fines específicos como, para aquellas personas que no se dedican a esta labor suele confundirles estos conceptos. El siguiente cuadro (6) explica de manera breve a que se refieren los productores con los trabajos que se realizan en cada etapa productiva.

**Cuadro 6.** Descripción de actividades agrícolas

Enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	Septiembre	Nov/Dic/Enero
Preparación de suelo			Siembra- trabajos mecánicos (germinación de la semilla)		Desahije		Aplicación de insecticida	Ultimo trabajo	Cosecha-almacenamiento
1ª escarda (quitar o arrancar las malas hierbas) Preparación de suelo Paso de primera rastra (es implemento del tractor, son discos dentados que profundizan 10 cm+-) tira planta, se pica, se deshace el surco y se corta la aguasol (la caña seca)	2 da Rastra se pica la aguasol (rastrojo) Volteado de suelo (Control plaga de suelo) con arado (discos no dentados que profundizan y voltean la tierra 30 cm +-)	2da escarda (quita aparición de maíz zapato) 3er paso de rastra para compactar poco (para no perder humedad en el suelo) Preparación de cama de tierra blanda para que las Raíces profundicen.	Un mes de siembra continua de manera mecánica con tractor Enrazada (se deshace el lomo del surco) aporque de tierra, conforme crece la planta (arrimar tierra al surco sirve para controlar hierba, cubrir el fertilizante) Corriente: Se vuelve a aporcar tierra, se profundiza más el canal, la planta ya resiste el aporque sin que se doble) Se aplica fertilizante	Se aplica fertilizante	Se aplica fertilizante en el suelo. Se quita el hijo de la planta, ramas extras, se hace de manera manual. Se aplica Herbicida, esto es lo último porque al aplicarlo ya la tierra ya no se puede mover. Se aplica con tractor, para que sirva esta aplicación debe haber humedad, por lo que trata de hacer con el periodo de lluvias bien establecido		Se presenta la plaga del pulgón, se hace de ambas maneras manuales y con tractor	Se realiza un último paso de personas para quitar la hierba que haya quedado, se quita la planta que no produzca, esto se hace de manera manual	Se hace de manera manual. Se espera que la mazorca seque. En noviembre como aún hay lluvias si se cosecha se debe tener espacio para orear y que se termine de secar porque si no se mancha. A partir del 15 de noviembre tiene menos humedad, por lo que ya se puede cosechar mejor. Cosechado y oreado se puede almacenar y tratar para procesar

La colecta reveló que las plantas en los predios son comunes, antiguamente usadas como complemento alimenticio. En México alrededor de 40 especies asociadas con el maíz, son consumidas (Blanco, 2016). En la zona de estudio los productores al ser la producción de Cacahuacintle de manera mayoritaria para la venta, las consideran maleza, desconocen su uso, no las ocupan y las eliminan con herbicida en los ciclos productivos (Cuadro 7).

Blanco, (2016), señala que las plantas que crecen en las parcelas de cultivo (arvenses) consideradas perjudiciales, debido a que interfieren en los cultivos estableciendo competencia por la luz, el agua, los nutrientes, el CO<sub>2</sub> y el espacio físico, tienen papel benéfico dentro del agroecosistema, son indicadores ecológicos para entender las calidades físicas, químicas y biológicas de los suelos, favorecen la toma de elementos minerales por la planta, aportan sustancias estimuladoras de crecimiento. La perspectiva sugiere la integración de programas de manejo, que favorezcan los efectos positivos y reduzcan los negativos.

En Nicaragua, se encontró evidencia de que el gusano cogollero *S. frugiperda*, causó más daño en plantas jóvenes de maíz y donde no había arvenses, el daño se redujo con la cobertura abundante de monocotiledóneas. Los campesinos de Guatemala realizan limpiezas en el periodo crítico, deshierbes selectivos y dejan crecer las arvenses de valor alimenticio humano, animal o medicinal.

El manejo de plagas requiere conocer la diversidad vegetal para regular la aplicación de insecticidas. Es aconsejable dejar una pequeña población de especies de arvenses, que garanticen el desarrollo de predadores de insectos plaga. En los cultivos con diversas especies de arvenses existe mayor diversidad de insectos y la densidad de fitófagos es menor en los cultivos con menos especies de arvenses por lo que dichas prácticas podrían regular comunidades de insectos nocivos y manejar el agroecosistema, sin acudir a los productos químicos.

**Cuadro 7.** Especies de plantas encontradas en la zona de estudio.

Zona	Imagen	Nombre común	Nombre científico	uso
Bonanza, Santa María, Zacango		Acahual amarillo	Bidens Odorata Cav	medicinal
Santa María,		Aceitilla, mirasol	Bidens Serrolata	Forraje
Bonanza, Santa María		Calabacilla	Curcubita foetidissima kunth	Medicinal
Zacango		Cilantrillo	Spergula Arvensis	Forraje
Zacango		Chivatito	Porophyllum linaria	Comestible, medicinal
Santa María		Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Comestible, medicinal
Santa María, Bonanza, Zacango		Lengua de Vaca	Rumex obtusifolius	Comestible, forraje, medicinal
Bonanza, santa María		Maíz diente de burro	Teocintle (euchalena mexicana schard	Forrajero
Zacango		Nabo Amarillo	Brassica rapa	Comestible, vaina se usa como alimento para pájaros
Santa María, Bonanza Zacango		Pata de pollo	Commelina coeletis wild	Medicinal, alimento para aves de corral
Santa María, Bonanza Zacango		Pasto Alfombra	Anoxopus compressus	Como césped ornamental, habitacional.
Zacango		Pasto Forrajero	Paspalum notatum flugeé	Forraje y pasto para césped
Bonanza Santa María Nativitas		Quelite	Amaranthus hybridus	Comestible, medicinal.

Elaboración con base en Martínez 1979

## 3.2 Características físicas, químicas y calidad de los suelos

Las dos unidades ubicadas entre los 2600 y 2700 msnm se encuentran sobre depósitos aluviales generados por material detrítico volcanoclástico que dio como resultado un suelo de tipo Feozem háplico, compuestos generalmente de material eólico, de color oscuro, por su contenido de materia orgánica, porosos, buenos para el cultivo (WRB, 2015).

La unidad localizada a 2900 msnm se encuentra en la unidad litológica conformada por roca ígnea extrusiva, con un suelo tipo Regosol Eútrico, se caracteriza por ser pobre en materia orgánica, de color claro, muy parecido a la roca que le da origen, poco consolidado, se encuentran en zonas de acumulación, tienen baja capacidad de retención de agua, a menos que la precipitación anual exceda los 750mm (WRB, 2015). En las zonas de estudio la precipitación anual está entre los 800 y 900 mm anuales.

Conocer la textura del suelo sirve para emitir un primer diagnóstico, permite inferir otras propiedades como capacidad de retención de agua, circulación de esta, facilidad de laboreo, riesgos de erosión, capacidad de almacenar nutrientes (Porta, 2003).

En los suelos analizados predominan las arenas 70-78 %, limos de 16-22% arcillas entre 6 y 8%. En Santa María la textura se define como arenosa franca (Figura 37) en Bonanza (Figura 38) y Zacango franco arenosa (Figura 39).

Las texturas arenosas tienen mayor permeabilidad y baja compactación lo que permite un laboreo más fácil por ser suelos ligeros, pero sus macroporos no permiten gran energía de retención de agua, y tienen baja capacidad de intercambio catiónico (Vaca, 2015).

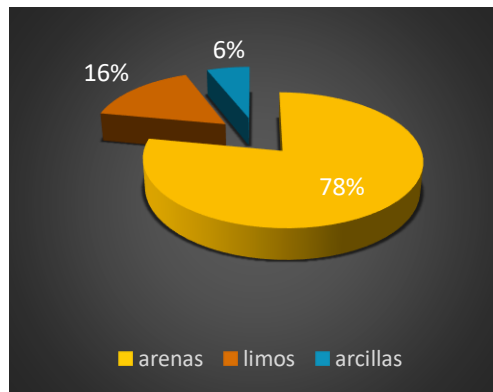


Figura 37, Composición Textural Santa María.

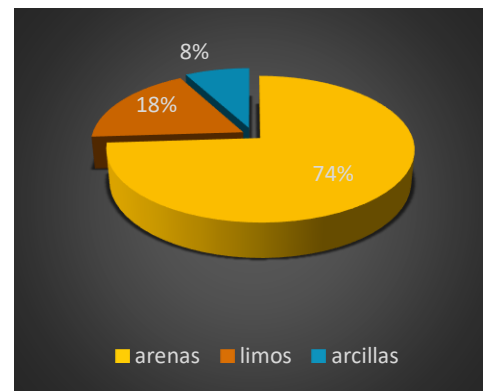


Figura 38, Composición Textural Zacango. Figura. 39 composición Textural Bonanza

La textura y la precipitación de la zona permiten el crecimiento del maíz, cuando siembran los productores confían en la cantidad de la humedad que contiene el suelo para la germinación de la semilla. “sembramos en las primeras semanas de abril y aunque no llueva el suelo tiene humedad, esto permite que la semilla aguante hasta las primeras lluvias<sup>7</sup>”

La zona de estudio presenta lluvias escasas durante los 4 primeros meses, aumentando hasta alcanzar el mayor rango de precipitación en los meses de julio a septiembre y el registro mayor durante el mes de agosto.

<sup>7</sup> Entrevista con Productor Alberto Bobadilla Muciño



Las tres tomas que se realizaron en cada sitio durante las tres fechas distintas para conocer el grado de humedad revelan la relación que existe entre la textura y la precipitación.

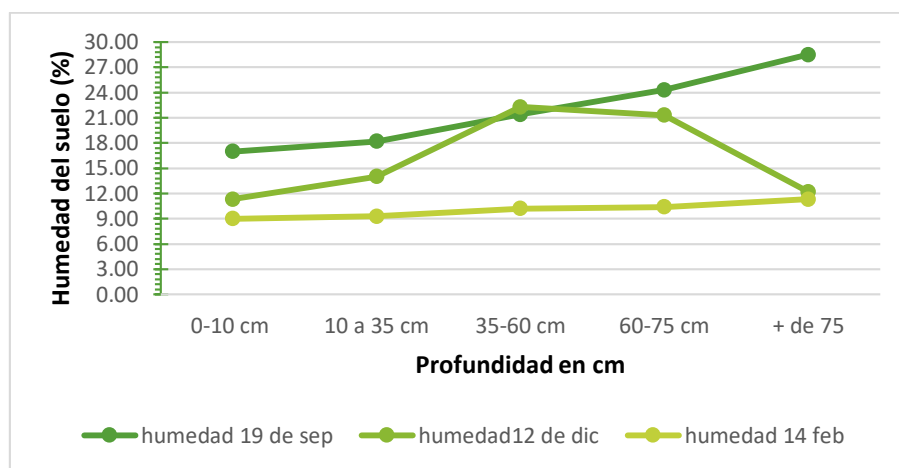


Figura 40. Perfil de humedad santa María Nativitas.

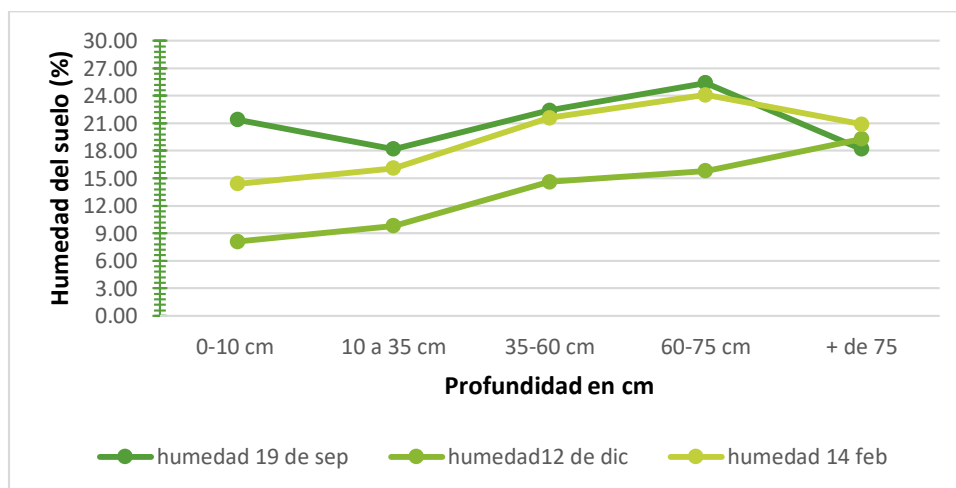


Figura 41. Perfil de humedad de Bonanza

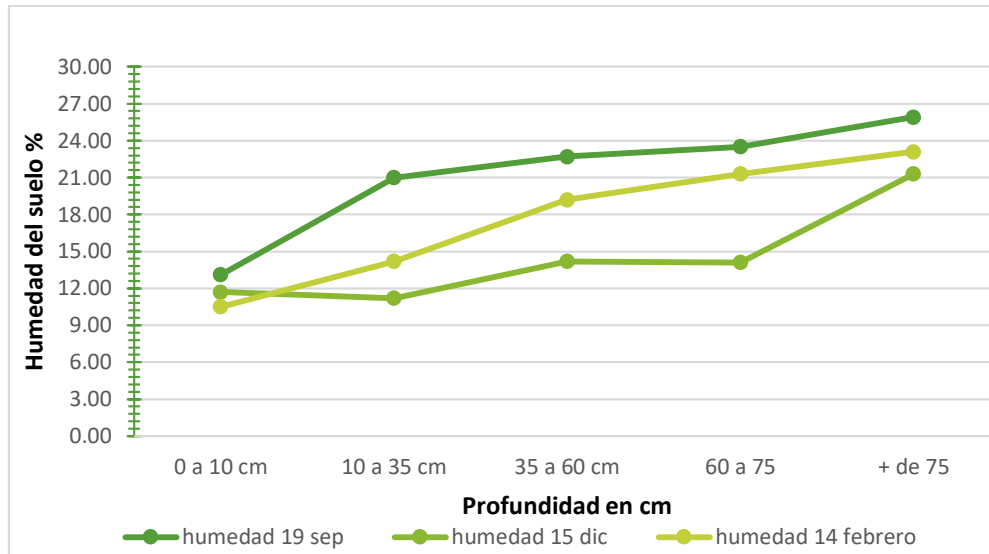


Figura 42. Perfil de humedad de Zacango.

Las tomas de humedad revelan que los tres sitios conservan una humedad estable entre los 35 a los 75 cm de profundidad, las mediciones de humedad son más altas y más constantes en el mes de septiembre pues aún se encontraba en periodo de lluvias, en diciembre y febrero después de las lluvias se observa que donde la textura tiene mayor porcentaje de arenas (profundidad mayor a 75 cm ) se conserva mayor humedad, las pruebas revelaron que a esta profundidades se conserva humedad encontrando valores de 15 a 27%, aun cuando la precipitación disminuye desde el mes de octubre a marzo, lo que permite que el agua suba por capilaridad, las profundidades donde se desarrollan las raíces que es de los primero 30 centímetros, contenían humedad suficiente para que la semilla germine aun cuando las lluvias se presentasen tardías hasta el mes de mayo, esto podría llevarnos a inferir que la clase textural de los suelos estaría permitiendo una humedad residual que el cultivo utiliza como emergencia para germinar, favoreciendo el desarrollo del maíz Cacahuacintle, no obstante si las lluvias

no llegan en el periodo del brote la cosecha se pierde, “cuando la siembra no es de riego, los agricultores dependen de las condiciones climáticas”<sup>8</sup>.

*“La humedad de suelo para lograr una emergencia aceptable debe rondar como mínimo un 24%”* (Bollati, 2018, p. 3).

En los suelos se consideran dos tipos de densidad, la densidad aparente, que es la masa contenida de suelo incluyendo el volumen de los espacios porosos y la densidad real que es la densidad de las partículas sólidas del suelo sin los espacios porosos (FAO, 2009).

La Densidad Aparente (DA) ayuda a estimar compactación, porosidad total, micro y macro porosidad, humedad y saturación, la densidad real (DR) es un indicador de la composición mineralógica y del contenido de material orgánico de un suelo (López & Estrada, 2015).

La DA varía de acuerdo a la textura de 1.1 a 1.9 kg/m<sup>3</sup> y la DR refleja el contenido de minerales pesados, los suelos minerales más comunes varían de 2.6 a 2.8 g/cm<sup>3</sup> (Antúñez, Vidal & Felmer 2015).

#### **Cuadro 8.** Valores de Densidad Aparente en el suelo

<b>Clase textural</b>	<b>Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Arenoso no compactado	1.65
Franco arenoso	1.50
Textura franca	1.40
Franco arcilloso	1.33
Arcillo arenoso	1.30
Arcillosos	1.25

Elaboración de acuerdo con Antúñez (*et al*, 2015).

---

<sup>8</sup> Entrevista con Jorge López Muciño

### Cuadro 9. Valores de Densidad Real

Clase textural	Densidad Real (g/cm <sup>3</sup> )
Arena gruesa	2.65
Arena fina	2.66
Limo	2.79
Arcilla	2.83

Elaboración de acuerdo con Antúnez (*et al*, 2015).

Las densidades encontradas en los sitios de estudio se presentan a continuación:

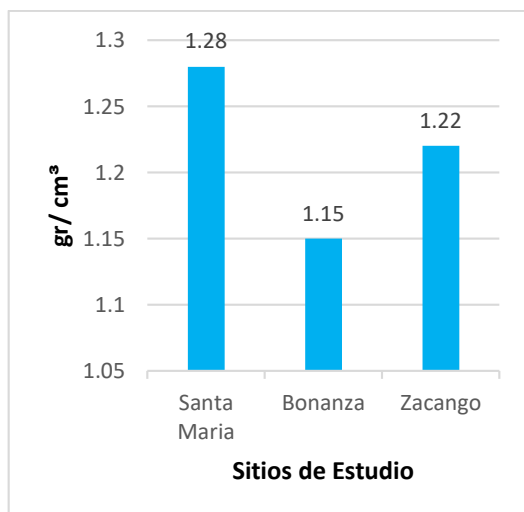


Figura 43 Densidad Aparente

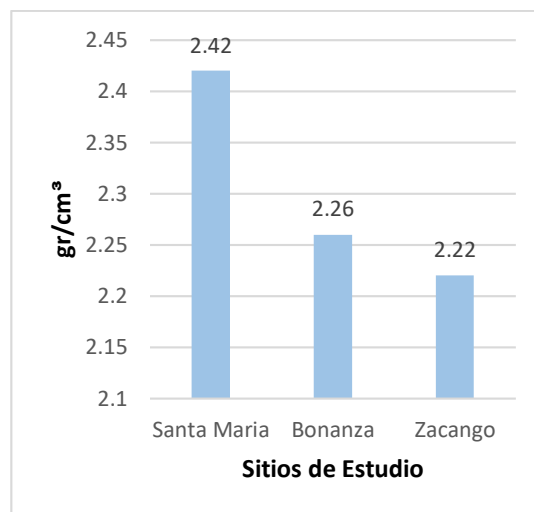


Figura 44 Densidad Real

Santa María presenta una densidad real superior a Bonanza y Zacango, a su vez presenta mayor contenido de materia orgánica, quiere decir que la densidad en los otros dos sitios aumenta por ser mayor el contenido de minerales que el de materia orgánica.

La densidad aparente es baja en los tres sitios, acercándose al valor ideal de crecimiento de raíces  $<1.6 \text{ g/cm}^3$  en texturas arenofrancosas y  $<1.4 \text{ g/cm}^3$  en texturas franco arenosas (USDA, 1999) esto indica que son suelos con buena estructura y buena cantidad de poros, por su textura no son suelos que tienden a compactarse.

Los suelos deben contener oxígeno, dentro de las partículas que lo componen, donde las partículas son muy pequeñas (arcillas) los espacios son muy pequeños por lo que la fase gaseosa es mínima, ocurre lo contrario en suelos con más arenas. Esto se define como el espacio poroso, dentro de este se pueden distinguir macroporos, que son los que se encargan del drenaje de agua, la aireación y el crecimiento de raíces y microporos, que son los que retienen el agua disponible para las plantas (FAO, 2019).

La porosidad depende de la textura, la estructura y la actividad biológica del suelo (García, 2005). De manera ideal el porcentaje de espacio poroso debe estar entre el 40 % y 60 %, y la porosidad ideal en el suelo es 50 % espacio poroso, 50 % sólido y de este 50, el 5 % deberá ser materia orgánica, si los poros son muy grandes no habrá retención de agua y si son pequeños no tienen circulación de aire (Hernández, 2017). En el sitio Santa María y Bonanza existe mayor cantidad de arenas y el espacio poroso es mayor que en el sitio de Zacango que tiene un porcentaje menor de arenas proporcionalmente tiene un porcentaje menor de espacio poroso (Figura 45).

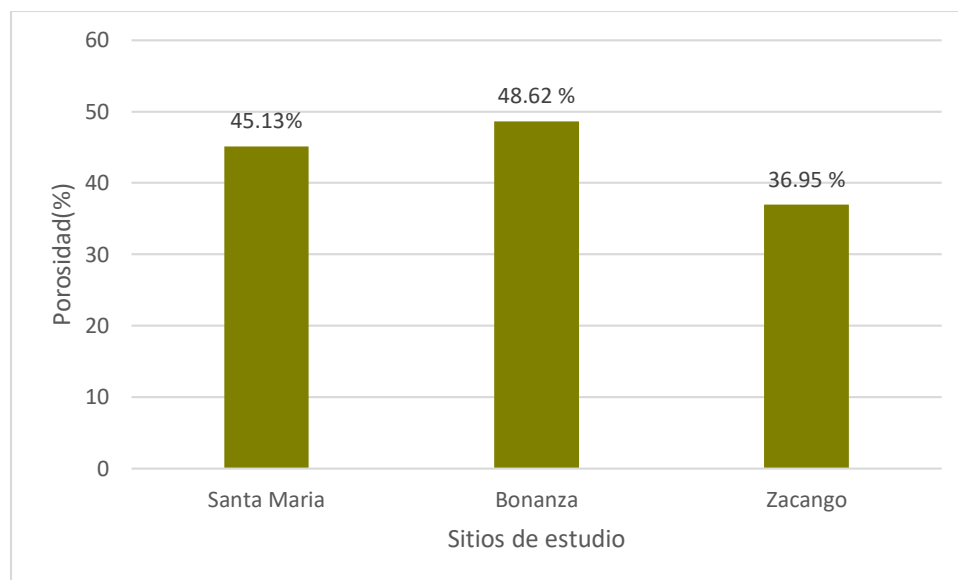


Figura 45. Espacio poroso para los sitios de estudio.

Los primeros dos sitios se encuentran ligeramente arriba del 40%, dentro de los parámetros ideales de porosidad, indicando que tienen buena aireación y retención de agua, Zacango se encuentra ligeramente abajo del 40% y es quien tiene la menor densidad real, que implica que contiene menor cantidad de materia orgánica respecto a los otros dos sitios, pero por su textura tiene mayor densidad aparente que el sitio denominado Bonanza.

El pH del suelo es la medida de acidez o alcalinidad, que afecta la disponibilidad de los nutrientes, la acción de los microorganismos y la solubilidad de los minerales (USDA, 1999), dependiendo de sus valores se clasifica en:

**Cuadro 10.** Clasificación de pH de acuerdo con la USDA (1999)

<b>Clasificación</b>	<b>pH</b>
Ácido y Extremadamente ácido	4.6-5.4 y <4.6
Ligeramente ácido	5.5-6.4
Neutro	6.5-7.3
Ligeramente alcalino	7.4-8.1
Alcalino y Extremadamente alcalino	8.2-8.8 y >8-9

Fuente: ICAMEX. 2017

**Cuadro 11.** Los efectos que tiene el pH:

pH	Evaluación	Efectos esperados en el intervalo	Paisaje	Disponibilidad de nutrientes
< 4.5 Hasta 5.5	Fuertemente ácido	toxicidad por Aluminio, exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn, deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, actividad bacteriana escasa	Pantanos forestales húmedos	Hierro, Manganeseo, Zinc, Nitratos, Potasio, Fósforo, Hierro, Magnesio, Azufre, Manganeseo, Zinc, cobre y Boro
5.6-6.5	Medianamente ácido, ligeramente ácido	Adecuado para la mayoría de los cultivos, máxima disponibilidad de nutrientes	Suelos de pradera subhúmedas	Nitrato, Potasio, Fósforo, Magnesio, Azufre, Cobre y Boro, en mayor porcentaje, y poco porcentaje en Calcio, Hierro, Manganeseo, Molibdeno y zinc
6.6-7.3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos, no hay carbonato de calcio en el suelo	suelo de praderas semiáridas	Nitrato, Manganeseo, Fosforo, Aluminio Hierro, Magnesio, Potasio, Calcio, Azufre, Molibdeno, zinc, Cobre y boro
7.4-10	Ligeramente alcalino básico	Suelos generalmente con CaCo, Disminuye la posibilidad de P y B, deficiencia de Co, Cu, Fe, Mn, Zn, Clorosis férrica	Pradera semiáridas, conteniendo exceso de sales	Nitrato, Fosforo, Magnesio, Potasio, aumenta Calcio y Manganeseo, en menor medida, Azufre, Molibdeno, Cobre y boro disminuye hierro, manganeseo zinc
>10	Fuertemente alcalino	Elevado porcentaje de sodio intercambiable,	suelo de praderas semiáridas	Nitrato, Potasio, aumenta el calcio, fósforo, Molibdeno disminuye el hierro, Manganeseo, zinc, se mantienen Cobre y Boro.

Fuente: Elaboración con base en USDA 1999 y Porta 2003

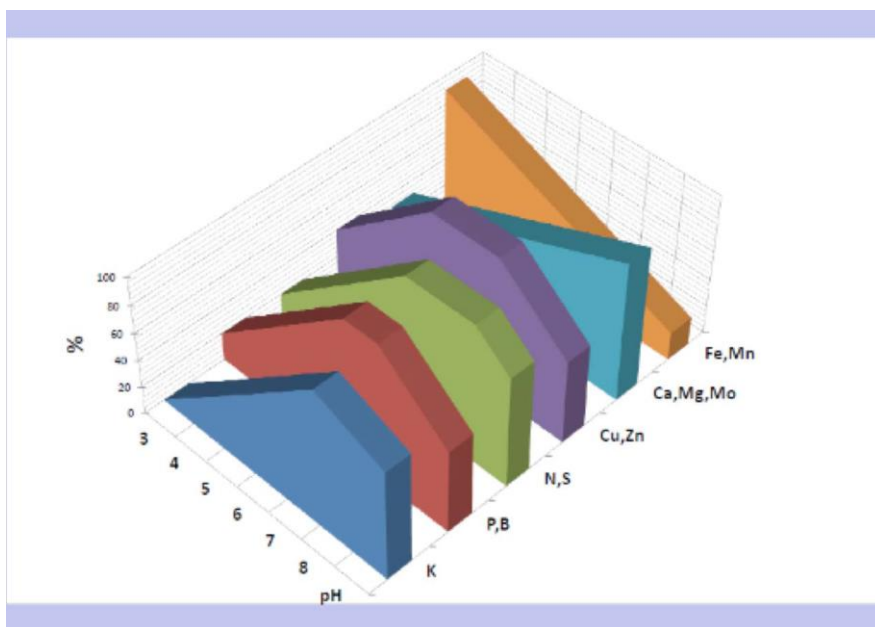


Figura 46. Relación de pH y disponibilidad de nutrientes. Reproducido de agro. unlpam (2018). <http://www.agro.unlpam.edu.ar/>

Para la mayoría de los cultivos el pH entre 5.5 y 6.5, es mejor, con valores más altos o bajos surgen las deficiencias y toxicidad (Piedrahíta 2009). La zona de estudio presentó pH medianamente ácidos (figura 47), herencia de zonas boscosas, de alta precipitación y suelos lixiviados, este grado de acidez en el suelo es favorable para el desarrollo del cultivo de maíz.

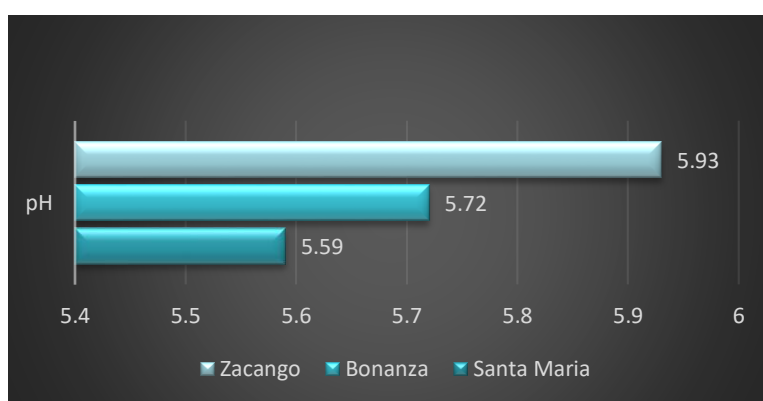


Figura 47. pH en parcelas de estudio.

El maíz se desarrolla en un rango de pH óptimo 5.5 a 6.5 requiere acidez ligera, los tres sitios están dentro del rango de acidez mínima requerida por el maíz, los nutrientes como el nitrógeno, azufre, potasio, fierro, manganeso, boro, cobre y zinc tendrán buena disponibilidad con este pH, el calcio estaría disponible de manera media mientras que tendrían una mala disposición de minerales como el fosforo, magnesio y el molibdeno. Un factor importante en el establecimiento del valor del pH es la materia orgánica: *por lo que existen valores de 6.0 en suelos minerales, 5.5 en suelos minerales-orgánicos y 5.0 suelos orgánicos* (Piedrahita, 2009).

La materia orgánica sirve para retener agua, como cementante, permite el crecimiento de raíces, eliminación de dióxido de carbono, y el almacenamiento translocación y descontaminación del agua (Cèspedes & Millas, 2010). Los organismos y microorganismos del suelo utilizan la materia orgánica como alimento, cuando descomponen los residuos liberan nutrientes como nitrógeno, fosforo y azufre (FAO, 2018).



El ideal es que el suelo contenga un porcentaje igual o cercano a 5% de materia orgánica (figura 48), normalmente se encuentra en las zonas de agricultura es un porcentaje que oscila entre el uno y dos por ciento (Agrinova, 2017). La materia orgánica contiene casi el 5% de N y contiene fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Julca-Otiniano *et al.*, 2006).

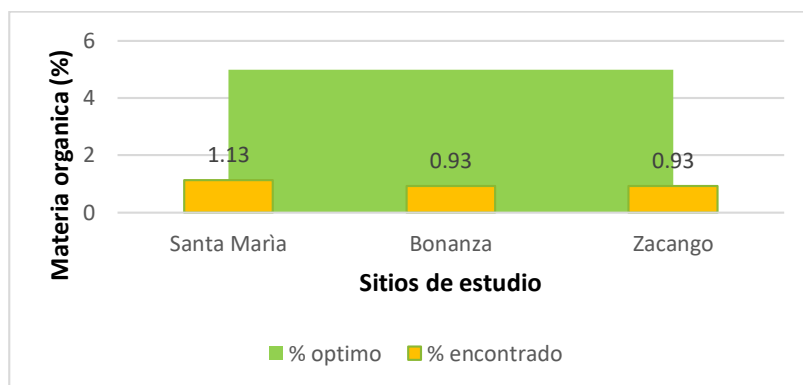


Figura 48. Porcentaje de Materia Orgánica.

Los tres sitios presentan bajos porcentajes de Mo, en su composición textural el porcentaje de arenas que contienen es mayor a las arcillas o limos, lo que dificulta la adherencia de la misma, la materia orgánica es responsable de suministrar nitrógeno, el porcentaje de MO es bajo en los tres sitios y las concentraciones de nitrógeno son ligeramente bajas, este parámetro se conserva arriba de lo crítico debido la adición del nutriente que hace el agricultor durante los trabajos de fertilización, revelando el déficit del mismo. En Santa María se adiciona mayor porcentaje de abonos orgánicos, y se realiza una aplicación más que en los otros dos sitios, y al tener un porcentaje más alto de materia orgánica se ve reflejado en el porcentaje de N (Figura 49).

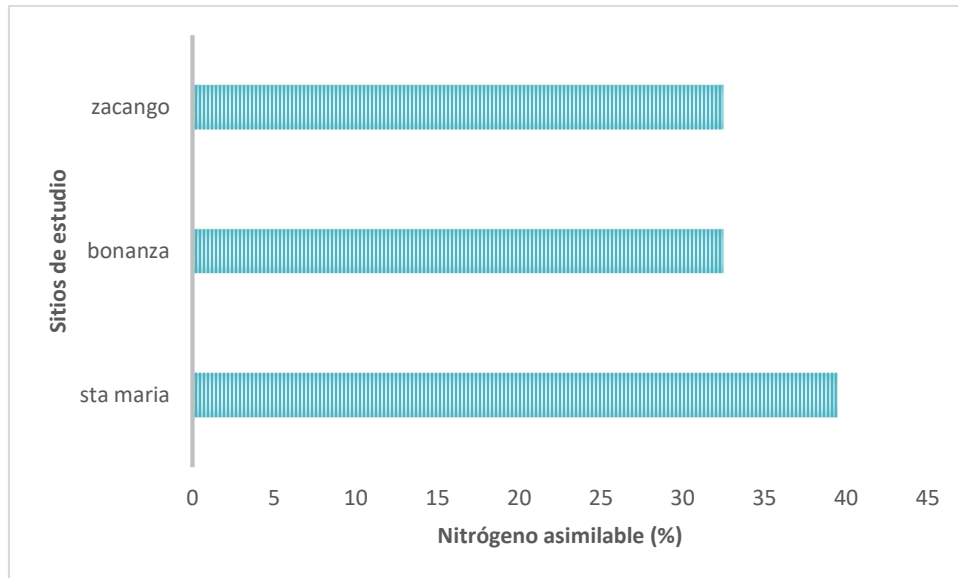


Figura 49. Nitrógeno Asimilable.

La cantidad de fósforo asimilable en los suelos es muy baja en comparación con la cantidad de fósforo disponible, su solubilidad es baja y solo puede ser absorbido solubilizado (Smart, 2019). Los estudios realizados exponen una concentración de fósforo muy alta en los tres sitios, mientras que el potasio, calcio y magnesio se encuentra en cantidades mínimas.

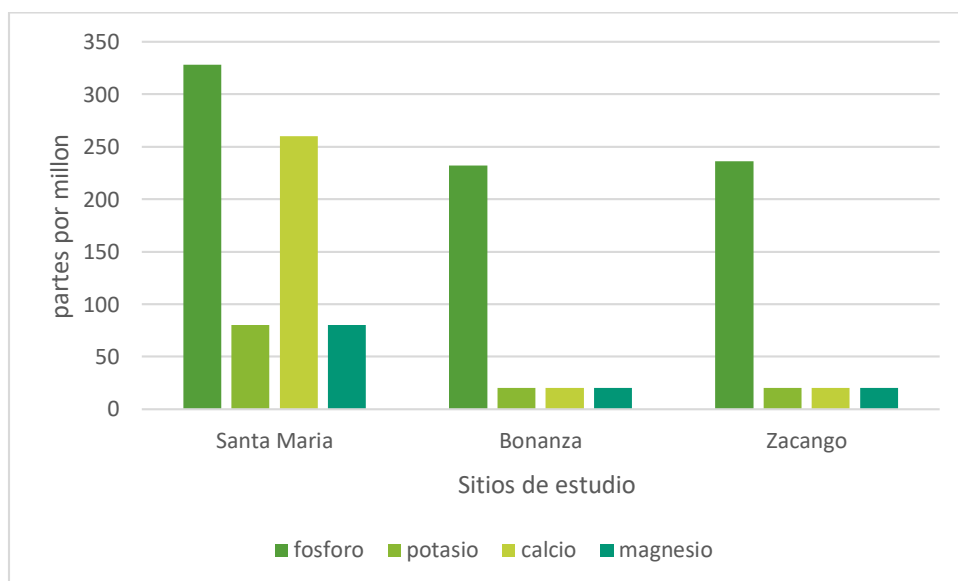


Figura 50. Contenido de Macronutrientes por sitio de estudio

La respiración el suelo (emisión de dióxido de carbono) se considera el segundo flujo más importante de carbono entre la atmosfera y la tierra, resultado de la actividad biológica realizada por los organismos en el suelo (raíces, nematodos, lombrices, insectos) oxidación de los compuestos de carbono y la descomposición de la materia orgánica.

Los suelos almacenan el 80% de carbono, y los factores principales que regulan esta actividad son: humedad, temperatura, precipitación y tipo de vegetación. Esta actividad es considerada de manera positiva en la calidad de suelo.

# **CAPÍTULO IV**

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL  
ESTUDIO AGROECOLOGICO DEL CUTIVO DE MAIZ  
CACAHUACINTLE

## CAPÍTULO IV.

### DISCUSIÓN

Los trabajos sobre maíz exponen el interés por el cultivo del grano considerando variables bioclimáticas, la calidad del suelo y el papel de los productores en el manejo del cultivo, también persiste el énfasis en el mejoramiento genético para incrementar la productividad, la resistencia al medio ambiente y a las enfermedades, generando una mejor adaptación de las especies y capacidad de comercialización.

Los estudios sobre requerimientos agroecológicos se han establecido mayormente para *Zea mays*, solo Ruiz (2013) trata algunos para maíz Cacahuacintle. De manera general los requerimientos que se establecen son: temperaturas mínimas oscilan entre 8 y 12.9 °C, las máximas hasta 30 °C y las óptimas entre 21 y 25 °C, precipitaciones entre 400 y 600 mm en el ciclo agrícola. Las altitudes para maíz común oscilan entre 300 a 2900msnm, para el Cacahuacintle se sugiere de 1,161 y 2,900 msnm (Ruiz, 2013).

Ospina (2015), señala que, por encima de 2000 msnm se incrementa significativamente el periodo vegetativo (Cuadro 12). Los requerimientos de luz varían dependiendo del clima, en clima moderado cálido 6-7 horas, de 11 a 14 horas luz (óptimo), en maíz Cacahuacintle mínimo 12.57 h y máximo 12.63 horas.

**Cuadro 12.** Comparativo de requerimientos agroecológicos del maíz

Fuente	Temperatura	Humedad	Altitud	Fotoperiodo	Suelos	pH
INEGI 1997	25-30 grados centígrados	Mayor a 500 mm (bien distribuidos)	300 a 2500 msnm	11 a 14 horas luz (óptimo)	francos, profundos	6 y 7
Anacafé 2004	Crecimiento de 25 a 30 °C mínimas de hasta 8 °C y máximas de 30°C	Clima frío con fuerte precipitación			Francos textura media, bien drenados. Peores- (pesados) Arcillosos (muy sueltos) Arenosos.	5.5 y 7.0 buenos resultados óptimo 5.5 y 6.5
Ospina, 2015	óptima 24°C	400-600 mm	0 a 4000 msnm.  Por encima de 2000 msnm, se incrementa significativamente el periodo vegetativo	Clima moderado cálido, 6-7 horas de luz	Profundos, fértiles, su contenido de mo es alto, permeables, francos, buena retención de agua, no se inunda ni se encharca	5,5 y 6,5
<a href="http://www.infoagro.com/">http://www.infoagro.com/</a> . consultado 21 de agosto de 2017	25 a 30°C	precipitación de 40 a 65 cm y riegos de 5 mm al día			suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje	6 a 7
Aldape 1995	21 y 27° óptima de 26° y 29°	climas templados de 400 a 600mm durante el ciclo 750 lt. de agua/kg	0 a 2500 msnm. Latitud: de los 50°N a los 40°S		Suelos francos, arcillosos, limosos, volcánicos, buen drenaje y aireación	6-7
Ruiz 2013	Temperatura base 4.5 °C. Promedio anual 12.9 a 21.2 °C	Subtrópico árido, semiárido, subhúmedo, húmedo templado. Precipitación acumulada promedio anual de 483 a 3,044 mm.	Latitud: 18° Latitud Norte, 100° Longitud Oeste. Altitudes entre 1,161 y 2,900 m.	Mín. 12.57 h y máx. 12.63 h		

Fuente: Elaboración de acuerdo con los autores mencionados.

Respecto a los suelos Ospina (2015) sugiere que sean francos de textura media bien drenados, permeables, fértiles con contenido alto de MO, que no sean pesados, arcillosos (muy sueltos) o arenosos, Aldape (1995) sugiere los

suelos francos, arcillosos, limosos, volcánicos, buen drenaje y aireación. Estos autores mencionan también que el pH con buenos y óptimos resultados se encuentra en el rango de 5.5 a 7.0.

Beltrán (2009) recomienda para *Zea mays* aportar dosis de N de 28-30 kg/ton, P 10-12 kg/ton, K 23-35 kg/ton. Se sugiere un abonado en dosis de (Ca) 0.3 kg/ton, Magnesio (Mg) 2 kg/ton, Azufre (S) 1.3 kg/ton. 0,3kg de nitrógeno 525kg/ha (Infoagro, 2017).

De manera general los requerimientos del maíz son similares, como cualquier cultivo requieren de cierta cantidad de precipitación, incidencia solar, tipo de suelo, temperatura. Para Damián (*et al*, 2010), el desarrollo, adaptación y rendimiento del cultivo está condicionado no solo por las características físico-geográficas, sino por las prácticas, técnicas de producción y la cultura de su consumo. Larios & Nuño (1995), mencionan que el crecimiento del cultivo varía en función de las características físico-geográficas.

El maíz es un cereal muy versátil y de gran capacidad de adaptación desarrollándose desde los 0 a los 4000 msnm (Ospina, 2015). En los diferentes casos de estudio se documentan altitudes que van de los 2000 hasta los 4000 msnm, la temperatura disminuye conforme la altitud va en aumento así las diferentes razas del cultivo adaptan su ciclo, por lo que los requerimientos de temperatura y precipitación están relacionados con la altitud a su vez existe relación con el suelo, su origen, estructura y textura.

Fuente	Cultivo	Características Geográficas	Tratamiento agroecológico	Resultados
1. La agricultura Campesina de los mayas (Moya <i>et al</i> 2003)	<i>Zea Mays</i> , camote, calabaza, leguminosas	1100 mm, 25°C, suelo, vegetación	Policultivo, abonos orgánicos, intercalan leguminosa	Mayor rendimiento
2. Evaluación de tierras: un estudio de caso para maíz en Jalisco (Larios & Nuño 1995.)	<i>Zea mays</i>	366-427mm, 22°C suelo profundo buen drenaje, pH de 6 a 8	Manejo agroecológico de cultivos	Crecimiento varía en función de las características físicas y ubicación geográfica de los suelos
3. Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz ( <i>Zea mays</i> ) L. (San Clemente <i>et. al</i> 2012)	<i>Zea mays</i>	23°C, suelo franco arenoso pH 6	Acolchados verdes	Mejoran el suelo y lo protegen de la erosión, bajo este manejo se puede producir anualmente
4. Calidad pozolera en poblaciones de maíz Cacahuacintle de los Valles Altos de Puebla, México (Hernández <i>et al.</i> 2014)	Cacahuacintle	Altitud mayor a 2000 msnm	Características del grano	Grano pozolero de mejor calidad en Puebla
5. Calidad pozolera en colectas de maíz Cacahuacintle (Bonifacio <i>et al.</i> 2005)	Cacahuacintle	Altitud mayor a 2500 msnm	Características del grano	Se identifican 4 formas de mazorca. La forma del grano se relaciona con el tiempo de reventado
6. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México (González <i>et al.</i> 2006)	Cacahuacintle	2650 msnm, suelos friables, de origen volcánico, pH entre 4 y 6	Características de la planta	Se observan condiciones ambientales heterogéneas asociadas con topografía, altitud y suelo
7. Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes de maíz Cacahuacintle (Gonzalez <i>et al.</i> 2008)	Cacahuacintle	12.8°C, 800mm 2600 msnm Suelo friable, arenoso, franco limoso pH entre 4 y 6	Características del grano	Posible obtención de menores alturas de planta, mazorca, mayor diámetro, mayor rendimiento de grano. También se encontró poca variabilidad genética, se sugiere introducir germoplasma de otras regiones
8. Estudio sobre el manejo agroecológico del maíz (González <i>et. al</i> 2012))	<i>Zea Mays</i>	32.5°C, 883.4 mm, suelo franco arcilloso, pH >8	Sin agroquímicos, mínima labranza, biocontroladores	Drenaje interno lento, baja permeabilidad, disminución de disponibilidad de nutrientes. Correlación entre periodos de humedad altos y ataque de plagas
9. EL maíz Cacahuacintle y el régimen de protección especial estudio de caso: Santa María Nativitas, municipio de Calimaya, Estado de México (Sarmiento 2011)	Cacahuacintle	2200-2800 msnm 22°C Suelo: Andosol, feozem y Cambisol	Características y uso del grano	Cambio drástico de clima. La preservación y conservación está ligada a los usos
10. Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico (Damián 2010)	Cacahuacintle	2200 a 4400 msnm, suelos feozem, 711mm	Prácticas agrícolas (preparación de la tierra, selección de semillas, siembra, limpia y fertilización)	Manejo convencional y agroecológico, ambos utilizan fertilizantes y abonos Agroecológico (semilla criolla, rotación, asociación de cultivo, conservación de suelo)

**Cuadro 13.** Comparativo entre requerimientos agroecológicos y variables encontradas en casos de estudio.



El aumento de altitud y disminución de temperatura se traduce en periodos más largos de desarrollo, por lo que las razas que crecen sobre altitudes mayores son cultivos anuales, mientras que en altitudes más bajas con temperaturas más altas pueden lograrse dos periodos.

Los suelos, el pH, las variables climáticas de los estudios de caso coinciden con las recomendaciones de los requerimientos expuestos por los diversos autores para el cultivo tanto de *Zea mays*, como de Cacahuacintle, sin embargo se aborda el estudio solo de algunas variables, en el caso específico del maíz Cacahuacintle se consideran algunas y por separado, mientras que en los estudios de *Zea mays* se realizaron bajo el enfoque agroecológico empleando tratamientos como abonos naturales, rotación de cultivos, acolchados verdes, mínima labranza, obteniendo buenos resultados: Moya (2003), observó que intercalar cultivos y utilizar abonos orgánicos lograron un mayor rendimiento, San clemente (2012), documentó que los acolchados verdes mejoraron la calidad del suelo y disminuyen la erosión, lo que asegura una producción anual.

Pero los estudios sobre Cacahuacintle además de ser menos estos van dirigidos a la producción y a la calidad del cultivo mayormente. De estos se rescatan observaciones de condiciones ambientales heterogéneas, topografía, altitud, suelo y se evidencia la obtención de plantas mejoradas en diámetro, altura rendimiento de grano (González, 2006, 2008).

En la zona motivo de este estudio el cultivo se desarrolla en un nicho ecológico delimitado por la altitud y también restringido en altitudes superiores a los 3000 msnm, el clima predominante es semifrío que le favorece, sin embargo, en la medida que aumenta la altitud disminuirá la temperatura, lo que restringe su desarrollo por encima de esta altitud.

Las características que definen la calidad de los suelos son distintas, predominan las arenas, menos limos y arcillas, son suelos profundos, con

alta permeabilidad, coincidiendo esta característica con estudios anteriores, el agua almacenada en el suelo se conserva hasta el período de lluvias, en caso de sequía el cultivo está amenazado cada ciclo agrícola, también por heladas tempranas y tardías, así como por las plagas.

El contenido de materia orgánica no alcanza 2% indicando disminución de la fertilidad y deterioro progresivo de los suelos, es decir, si las condiciones del suelo no son favorables aun cuando agroclimáticamente se disponga de los mejores recursos la adaptabilidad se verá afectada (Agrinova, 2017).

Durante esta investigación se encontró que los requerimientos agroclimáticos plasmados en estudios anteriores y los valores encontrados en campo coinciden con los valores agroclimáticos que requiere el cultivo de manera general, y con las particularidades que requiere el Cacahuacintle, sobre todo: la altitud, el suelo y el clima, que son las condiciones que otorgan su particularidad y que han logrado su permanencia.

## Prácticas agrícolas

Se aprecian posiciones distintas en relación con la capacidad de adaptación del maíz cultivado de manera tradicional o convencional, en los casos de estudio se encontraron elementos que constatan que en el cultivo del maíz Cacahuacintle se utilizan elementos tradicionales y nuevas tecnologías. Las prácticas tradicionales se constataron en la selección de la semilla para el posterior ciclo agrícola, sin embargo, como lo refiere Romero: lo recomendable es intercambiar la semilla, es decir no sembrar la semilla obtenida en la misma parcela, con esta práctica se conserva la biodiversidad, pero las simientes son cada vez menos fuertes (Sarmiento 2010)

Entre otros aspectos que se conservan esta la cosecha manual del maíz, actividad que demanda mano de obra, actualmente se tiene dificultad para contratarla debido a la migración. Sobre estas actividades habrá que decir que en las distintas etapas de cultivo se utilizan fertilizantes, herbicidas y fungicidas con el fin de mantener la productividad, evitar las malezas y las plagas. Aunque no en todos los casos, los productores realizan prácticas de conservación de suelo, como la aplicación de estiércol, en algún caso rotación de cultivos, esta práctica no está generalizada.

Damián (et al, 2010), confirmaron que el manejo tradicional del cultivo de Cacahuacintle en Tlaxcala es amigable con el ambiente, en contrasentido el manejo convencional del maíz impacta la biodiversidad y los suelos. Por su parte González (2009), indica que los productores de maíz en un municipio venezolano consideran los factores climáticos, el control agroecológico de plagas, la gestión de residuos agropecuarios.

Diversos autores han realizado estudios de mejoramiento genético, diversidad fenotípica y la calidad del maíz Cacahuacintle, mediante las características morfológicas y físicas del grano, variedades criollas y rendimiento comercial del grano.

El estudio de Sarmiento (2010) en Santa María Nativitas, municipio de Calimaya, Estado de México, advierte los peligros del maíz transgénico y los efectos sociales y económicos que amenazan preservación del maíz Cacahuacintle en la región, el avance de la mancha urbana, déficit de mano de obra, extracción de material pétreo, sobre todo el juego de las fuerzas de mercado al que está sujeta la producción y la participación de intermediarios. Siendo la mayor motivación la comercialización del grano, las preocupaciones de los productores centran los efectos de las plagas y las heladas en los rendimientos.

Todos los estudios que se revisaron destacan la importancia de la aplicación de los conocimientos agroecológicos en la producción, para la conservación de los recursos y la sustentabilidad del medio donde se practica la actividad agrícola; de manera particular en la zona de estudio, los conocimientos agroecológicos se aplican de manera parcial, aunque existe la incorporación de residuos orgánicos al cultivo, no se llevan a cabo acciones paralelas que ayuden a mantener la salud y la producción del cultivo.

## CONCLUSIONES

La producción de maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca no es en estricto un sistema de cultivo tradicional y los productores no son campesinos, gestionan el cultivo con el fin último de comercializarlo. La presión que ejerce el crecimiento poblacional y la demanda de alimentos proporcional a este crecimiento contribuye a la sobreexplotación de los recursos productivos, a estos factores se suman el cambio de uso de suelo al que se enfrenta el campo de manera global. La mancha urbana gana espacio consumiendo los lugares destinados a la siembra, Calimaya no es la excepción, los campos de siembra se han visto reemplazados por nuevos conjuntos habitacionales o de extracción de material. Las políticas públicas favorecen poco al campo, por lo que la producción, se mantiene debido al esfuerzo del productor. Las prácticas agrícolas dependen de la capacidad económica para adquirir los insumos químicos que mantienen la productividad. El manejo varía en función de las condiciones del terreno y las propiedades de los suelos, en general los suelos están agotados químicamente, este proceso no es exclusivo del valle de Toluca, de acuerdo con los estudios al igual que en Tlaxcala y Puebla se contraponen el manejo tradicional al manejo convencional para mantener la producción que demanda el mercado cautivo.

El rendimiento del Cacahuacintle ha llegado a su máxima productividad, 5 ton/ha. El paquete tecnológico de agroquímicos se aplica igual debido a que los productores no tienen referente específico para el Cacahuacintle, así se constató en el análisis de suelos, con altos contenidos de fósforo y nitrógeno, y decreciente materia orgánica. En la medida que el suelo pierda propiedades físicas y químicas por el laboreo continuo, los productores adicionarán dosis adicionales de nutrientes artificiales. Los efectos negativos de las prácticas agrícolas en los suelos, los cambios en los ciclos de lluvia y temperatura patentes en el valle de Toluca, sequías o lluvias

torrenciales e incremento de las temperaturas no se han dimensionado. Los productores saben que el suelo se degrada progresivamente y se enfrentan a la variabilidad climática, ausencia o exceso de esta, las cuestiones agroecológicas, en este caso la altitud se aprecia como un aspecto geográfico de marca para cultivar y vender a un precio mejorado.

El manejo es al final el factor determinante de la producción, pero estas prácticas agrícolas están adaptadas a las condiciones geográficas particulares, la agroecología incorpora conceptos ecológicos a la producción, su visión holística permite relacionar los aspectos productivos, con los recursos geográficos económicos y sociales de los que el productor dispone.

Sin apartarse demasiado del modelo productivo actual los productores involucrados en este estudio conocen y entienden los riesgos de la degradación de sus recursos, por lo que tratan de incorporar conocimientos que ayuden a la regeneración, el verdadero problema sería la transformación cambiar la mentalidad del sector y el manejo tecnológico, para regresar a los modelos productivos de campesino y milpa, diversificando la producción para potenciar los beneficios de las relaciones naturales y el conocimiento tradicional. No es una transición sencilla, pero es posible, existe evidencia de otros sistemas productivos dentro del país, que han logrado esta transformación, con modelos agroecológicos funcionales. Ha requerido de esfuerzo, y tiempo, pero es posible.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abilio, J. (2005), Muestreo y Análisis de Suelos. *Boletín técnico 17*. Ministerio de agricultura y ganadería. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal: 1-16.
- Aldape, J. (1995), Fertilización Nitrogenada y Fosfórica de Maíz Crillo (*Zea Mays*) Variedad Blanco Olote Colorado En Riego y Riego Limitado, Verano de 1984, Ejido San Rafael Linares, Linares, Nuevo León. *Tesis Maestría*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Alonso, M. (2015), El Maíz Cacahuacintle, Su Cultivo y Persistencia En La Localidad de Santa María Nativitas En El Municipio de Calimaya, Estado de México. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Altieri A. M. (2001), Principios y Estrategias Para Diseñar Sistemas Agrarios Sustentables. *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable: 27-34*.
- Altieri, A. M. & Nicholls, C. (2002), Un Método Agroecológico Rápido para la Evaluación de la Sostenibilidad de Cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica, Vol. 64 p.17-24
- Antúñez, B. A.; Vidal, S.M. & Felmer, E.S. (2015), Riego Por Pulsos En Maíz Grano. In *BOLETIN INIA*, Rengo, Chile: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, 1-116.
- Arnold, C. M. & Osorio, F. (1998), Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio, (3), Santiago de Chile.
- Astier, M. (2006) Medicion De La Sustentabilidad En Sistemas Agroecologicos. *Congreso de la Sociedad Española de Agricultura*. 1-7.
- Astier, M.; Maass, M. & Etchevers, J. (2002), Derivación de Indicadores de Calidad de Suelos En El Contexto de La Agricultura Sustentable. *Agrociencia* 36(5): 605-20.
- Astier, M. (2006), Medición de la sustentabilidad en sistemas agroecológicos. VII *Congreso SEAE Zaragoza 2006* Ponencia 3
- Benítez, C. & Pfeiffer, H. (2006), El Maiz, Origen Composicion Química y Morfología. *Materiales Avanzados*, Instituto de Investigaciones en Materiales. UNAM. Año 4, Num 7, 15-20. ISSN 1665-7071
- Betrán, A. J. (2009), Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Blanco, V. Y. (2016), El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas, Cultivos Tropicales, Instituto Nacional Ciencias Agrícolas (INCA), *Gaveta postal 1*, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700. *cultrop* vol.37 no.4 La Habana oct.-dic. 2016. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Bocco, V. G. (2003), Carl Troll y la ecología del paisaje. *Gaceta Ecológica*, (68),69-70. ISSN: 1405-2849.



- Bollati, P. (2018), ¿Cuál es la humedad mínima de suelo para iniciar la siembra de maíz de septiembre?. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria(INTA)
- Bolos M. (1987), La Tendencia Del Paisaje Integrado En Geografía. *II Encuentro de Geografía*.
- Bommer, F. R. & Hrabovszky, J.P. (1980), Los Alimentos , El Suelo y La Agricultura. *OIEA, Boletín Vol 23 No. 3*
- Bonifacio, V. E.; Salinas, M.Y.; Ramos, R.A. y Carrillo, O. A. (2005) Calidad Pozolera en Colectas De Maíz Cacahuacintle. *Revista Fitotec México Vol.28(3): 253–60.*
- BPA (2015), Buenas Prácticas Agrícolas : Directivas y Requisitos Para Cultivos Extensivos. *Red de Buenas Prácticas Agrícolas*.
- Caballero, G.L. (2007), Análisis textural del depósito de avalancha de escombros "El Zagüan", Volcán Nevado de Toluca: Dinámica de transporte y mecanismo de emplazamiento *Tesis Maestría (Maestra en Ciencias)-UNAM, Instituto de Geofísica, Posgrado en Ciencias de la Tierra. pp 107*
- Cantagrel, J.M., Robin, C. & Vincent, P. (1981), Les grandes étapes d'évolution d'un volcan andésitique composite: Exemple du Nevado de Toluca (México). *Bull Volcanol 44, 177–188*
- Castillo, R. M. (2002), Agroecología: Atributos de Sustentabilidad. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales III(5): 25–45.*
- Céspedes, C. & Millas, P. (2010), Relevancia de La Materia Orgánica Del Suelo. *Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (1): 2010.* Recuperado en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7858/NR40198.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cotler, H.; Sotelo, E.; Dominguez, J.; Zorrilla, M.; Cortina, S.; Quiñones, L. (2007), La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, núm. 83, abril-junio, 2007, pp. 5-71 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>
- Cruz, A.; Bautista, J.; Etchevers, B.; Castillo, R. y Gutiérrez, C. (2004), La Calidad Del Suelo y Sus Indicadores. *Evaluation 13(2): 90–97.*
- Damián, H. M.A.; Ramírez, V. A.; Aragón, G. M.; Huerta, L. D. M.; Sangerman, J. J.; Romero, A. O. (2010,) Manejo Del Maíz En El Estado de Tlaxcala, México: Entre lo Convencional y Lo Agroecológico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 6 (2): 67-76.*
- Díaz, V. T. Marino, V. L.; Ramón L. J.; Velázquez, A.T. y Rubalcava, P. L. (2009), Problemática del monocultivo de maíz en Sinaloa y el uso de buenas prácticas agrícolas, *Memoria de Capacitación. II Jornada de Transferencia de tecnología para el cultivo del maíz, Fundación Produce, Sinaloa A.C, pp. 7-12*
- Espinosa, L. (2001), Geomorfología del Noreste de Nevado de Toluca México. *Tesis de Maestría en Geografía, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.*

- FAO. (2009), Guía Para La Descripción de Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: 100.
- FAO (2015). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Los Suelos Sanos Son La Base Para La Producción de Alimentos Saludables. P.p. 1-4.
- García, P. A.; Macías, J.L.; Arce, J.L.; Capra, L.; Garduño, V.H., y Espindola, J.M. (2002), Geology of Nevado de Toluca Volcano and surrounding areas, central Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America Map and Chart Series MCH089, 26.
- Gomero, O.L. & Velásquez, A.H. (2003), Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de trópico húmedo del Perú, *LEISA Revista de Agroecología*. Ocho estudios de caso – 2003
- Gomes, A. S. & Bianconi, F. G. (2001), Monitoreo económico de la transición agroecológica: estudio de caso de una propiedad familiar del sur de Brasil. *Leisa Revista de Agroecología*, 19.
- Gómez-Aguilar J. R. (1977). Introducción al muestreo, *Tesis de Maestría*, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, pp.43-93.
- González, G. M. (2007), Diversidad del Maíz: Potencial agronómico y perspectiva para su Conservación y Desarrollo Insitu, en el Sureste del Estado de México. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados, Montecillo Texcoco.
- González, H. A.; Sahagún, C.J.; Pérez, L. D.; Domínguez, L. A.; Serrato, C. R.; Landeros, F. V.; Dorantes, C. E. (2006). Diversidad fenotípica del maíz cacahuacintle en el valle de Toluca, México. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 29(3),255-261.ISSN: 0187-7380.
- González, H.; Pérez, L. D.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O.; Balbuena, M. A.; Ramos, M. A.; Sahagún, C.J. (2008). Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes de maíz cacahuacintle. *CIENCIA ergo-sum*, Revista Científica Multidisciplinaria
- González, R.; Rey, J.C.; López, M.; Rodríguez, B.; Flores, B.; De Jesús, M.; Nogales, J.; Visbal, R.; Rivero, G.; Correa, A. (2012) Observación del manejo agroecológico en los cultivos de maíz y frijol. Taller de Educación Laboral “Generala Manuela Sáenz”. Tocarón – Municipio Zamora Aragua.2012. <https://es.calameo.com/read/004148932c22b0715b9e6>
- Haberl, H.; Schulz N.B.; Plutzer C.; Heinz E. K.; Krausmann, F.; Loibl, W.; Mose, D., Sauberer, N.; Weisz, H.A.; Zechmeister, H. G.; Zülka, P. (2004), Human appropriation of net primary production and species diversity in agricultural landscapes. *Science Direct*, Volumen 102, 213-218. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.07.004>
- Hernández, G.C.Á.; Salinas M. Y.; López, P.A.; Santacruz, V. A.; Castillo, G. F. y Corona, T.T. (2014), Calidad pozolera en poblaciones de maíz Cacahuacintle de los Valles Altos de Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Volumen 5, Número 4, 703-716.
- Hernández, H. L. O. (2009), Caracterización del potencial agroecológico y socioeconómico de la producción, uso y manejo de semilla de papa (*Solanum Tuberosum*), en la zona Trifinio, Honduras. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa.

- Hernando, M. C. & Molina, E. J (2012), Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos. Alternativas sostenibles para el valle geográfico del río Cauca, Reserva Natural El Hatico, Colombia. *Tecnicaña* No. 29, septiembre de 2012.
- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de España (INIA) (2012), Preparación de Suelos. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, centro de Investigación especializado en agricultura del desierto y altiplano (cie)*, inia ururi, región de arica y parinacota. ministerio de agricultura. 61: 1-4.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Forestales y Pesqueras), (2005), Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. : 70-110.
- Juan, P. J. I.; Magallanes, M.M.C.; Juárez, T. R.; Ramírez, C. A. Á.; Gutiérrez, C. J. G.; Pozas, C. J.G.; García, L. I E.; Baró, S. J. E.; López, S. A.; Vilchis, O. A.; Olvera, G. J.L . (2015), Responsabilidad e Impacto Ambiental en un Territorio del Altiplano Mexicano. Análisis ambiental, sociodemográfico y económico. Estado de México: Servicios Académicos Internacionales para eumed.net.
- Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florián, L.; Blas-Sevillano, R. & Bello-Amez, S. (2006), La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)* 24(1): 49-61.
- Kerr, J. G. (1927) "Holism and Evolution." *Nature* 119: 307-9.
- Larios, R. J y Nuño, R. R. (1995), Evaluación de tierras: un estudio de caso para maíz en Jalisco. Centro Regional Universitario de Occidente de la UACH. *Revista de Geografía Agrícola*. 65-73
- López, D. M.; & Estrada, M. H. (2015), Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas Del Suelo. Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. *Bioagrocencias*. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán:Volumen 8 No. 1, 3-11.
- Macías, J. L.( 2005), Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen conmemorativo del Centenario. *Temas Selectos de la Geología Mexicana*. Tomo LVII, Núm, 3. p. 379-424.
- Martínez, R. (2004). Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, I-II(103-104),93-102.[fecha de Consulta 23 de Abril de 2021]. ISSN: 0482-5276. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15310407>
- Morlans, M. C. (2005), Introducción a La Ecología Del Paisaje. Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. *Editorial Científica Universitaria*. Universidad Nacional de Catamarca ISSN: 1852-3013
- Moya, G. X.; Caamal, A.; Ku Ku, B.; Chan Xool, E; Armendáriz, I.; Flores, J.; Moguel, J.; Noh Poot, M. y Rosales, M.; Xool D.J. (2003). La Agricultura Campesina de los Mayas en Yucatán. *LEISA Revista de Agroecología*, Ocho estudios de caso – 2003
- NOM-021-RECNAT. 2000. "Norma Oficial Mexicana ." *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*.

- Orozco, H. M. E. & Peña, M. V. (2012), La paradoja de la diversificación productiva y el desarrollo rural integral en el Estado de México. *Memorias del XXXI Seminario de Economía Agrícola. Desarrollo rural integral en México ante la crisis civilizatoria*, UNAM-IIEC, 27-04-2012.
- Peña, A. & Galindo, A. (2007), El café ecológico amazónico. Alternativa sostenible para los campesinos. Como se organizan los agricultores. *Revista Leisa* Número 23 de agosto de 2007.
- Piedrahita, O. (2000), Acidez del suelo. *Magnesio Heliconia S.A.* p. 14. Recuperado en <https://docplayer.es/71053424-Acidez-del-suelo-oscar-piedrahita-junio-2009.html>
- Plan de desarrollo municipal 2013-2015. H. Ayuntamiento Constitucional de Calimaya 2013.
- Plan de desarrollo Municipal 2019-2021. H. Ayuntamiento Constitucional de Calimaya 2019.
- Ramírez-Jaspeado R. & García J.A. (2014). Producción Potencial y Consumo de (*Zea Mays* L) Maíz en el Estado de México, *Agroproductividad*, 7(1) pp. 13-20 Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/498>
- Restrepo, J.; David, A. y Prager, M. (2000), Agroecología. Universidad Nacional de Colombia
- Riego Por Pulsos En Maíz Grano. (2015),pp. 114.
- Roberts, T. L., & Henry, J. L (2000), El Muestreo de Suelos: Los Beneficios de Un Buen Trabajo. *Informaciones Agronómicas* 8(42): 7-10.
- Sánchez, R. G. (1999), Oportunidades de desarrollo del Maíz Mexicano, alternativas de competitividad. Conferencia dictada en el segundo taller Nacional de especialidades de Maíz. Buenavista, Saltillo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Sanclémente, R. Ó.E.; Patiño, T. C.O.; Beltrán, A. L. R. (2012), Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA). Palmira, Colombia.
- Sarmiento, B. I. (2010). El maíz cacahuacintle y el régimen de protección especial del maíz. Estudio de caso: Santa María Nativitas, municipio de Calimaya, estado de México. Tesis de Maestría en Sociología. Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco, México.
- Sarmiento, B.; & Castañeda, Y. (2011), Políticas Públicas dirigidas a la preservación de las variedades nativas del Maíz en México ante la biotecnología agrícola. El caso del maíz Cacahuacintle. *El Cotidiano*, Núm. 166, pp 101-110. Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32518423011>.
- Sarmiento, B. I. (2011). Lo especial del Maíz Cacahuacintle. *La jornada del campo*, Num 43 consultado el 20 de Enero de 2017 en: <https://www.jornada.com.mx/2011/04/16/maiz.html>
- Servicio Meteorológico Nacional 2016. Comisión Nacional del Agua. Inventario de Registros por década.

- Siebe, C., Reinhold, J. y Stahr, K. (2006), Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. En *Bodenkundliches Praktikum* (4-51). 2da Edición: *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*.
- Sosa, D. A. (2012), Técnicas de Toma y Remisión de Muestras de Suelos. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*: 1-5. Estacion Experimental Agropecuaria Cerro Azul
- Stupino, I. & Bonicatto,(2012). *Agroecología. Bases Teóricas Para El Diseño y Manejo de Agroecosistemas Sustentables*.
- Tamayo, A. A. (1999), Teoría General de sistemas. Revista Departamento de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.
- Téllez-Silva, J. M.; Herrera T.F.; Vizcarra-Bordi I. y Ramírez, H. J. J. (2016). El maíz cacahuacintle y su potencial para el desarrollo endógeno: el caso de Santa María Nativitas. *Espacialidades*, 6(1), 168-191 en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=419548242007>
- Tesser, C. (2000), Algunas Reflexiones Sobre Los Significados Del Paisaje Para La Geografía. *Revista de Geografía Norte Grande* 27: 19-26.
- Troll, C.(2003), Ecología del paisaje. *Gaceta Ecológica*, núm. 68, julio-septiembre, 2003, pp. 71-84 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México.
- USDA. 1999. "Guía Para La Evaluación de La Calidad y Salud Del Suelo."
- Vergara, S.M.; Etchevers, J; Padilla, C. J. (2005), La Fertilidad de los suelos de ladera de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia* 39: 259-266. 2005
- Vila, J.; Varga, D.; Llausàs, A. y Ribas, A. (2006), Conceptos y Métodos Fundamentales En Ecología Del Paisaje (Landscape Ecology). Una Interpretación Desde La Geografía. *Documents d'anàlisi geogràfica* (48): 151-66.
- Villatoro, L. M. O. (2014), Diagnóstico Agroecológico de cafetales orgánicos en San Bartolomé Loxicha, Pochutla, Oaxaca. Universidad Autónoma de Chapingo. Noviembre 2014.
- Yarza, De la T. E. (2003), Los Volcanes del Sistema Volcánico Transversal. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Núm. 50, 2003, pp. 220-234

#### LIBROS

- Altieri A. M. (1999), *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan-Comunidad. 3-325
- Buol, S.; Hole, F.D.; Mc Cracken (1991), *Génesis y Clasificación de Suelos*; Segunda edición. Trillas México.
- Cárcamo, M.I.; García, M.; Manzur, M.I.; Montoro, I.; Pengue, W.; Salgado, A.; Velásquez, H. y Vélez Germán (2011), *Biodiversidad, Erosión y Contaminación Genética Del Maíz Nativo En América Latina, Primera Edición* 1-243.

- Collins, W., and Qualset C.O. (1999). *Biodiversity in Agroecosystems*. Boca Raton, New York: Lewis Publishers.
- Etter, A. (1991), *Introducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de Integración para los Levantamientos ecológicos*. Bogotá.1991.
- FAO (2012), *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas Para El Productor Hortofrutícola*. Santiago de Chile. segunda edición.
- García, R. (2006), *Sistemas complejos: conceptos, metodo y fundamentacion epistemologica de la investigacion interdisciplinaria*. GEDISA: 1-11.
- Gliessman, S. R. (1998). *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Lewis/CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gliessman, S.R. (2001). *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Book Series Adv. in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gliessman, S.R. (2002). *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Costa Rica: Litocat, Turrialba.
- Gobierno del Estado de México (GEM-SEDAGRO) (2013), *Manual de operación. Programa de Alta Productividad de Maíz y Granos Básicos*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Toluca, México, pp. 10.
- Hart, R. D. (1976), *El sistema de cultivos como unidad de experimentacion*. Turrialba, Costa Rica.
- Krasilnikov, P.; Jimenez, F.; Reyna, T. y García N. ( 2011), *Geografía de Suelos de México*.pp. 462. Editorial Prensas de Ciencias. ISBN:9786070227042.
- Larousse 2000. *Diccionario Enciclopédico*.Sexta edición. Bogotá Colombia.
- L. M. Del Bo. (1979). *El ABC de la Agricultura*. Barcelona: editorial Vecchi.
- Margalef, R. (1998), *Ecología*. 9 Edición. Barcelona. Omega. ISBN8428204055.
- Martínez, M.(1979), *Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Masera, O.; Astier, M.; López –Ridaura, S. (2000), *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: El marco MESMIS, Grupo interdisciplinario de Tecnología rural aplicada*. Patzcuaro, Michoacan.
- Orozco H. M. E. (2010), *Comunidades y recursos Naturales. Convergencia interdisciplinaria ecología del paisaje y agroecología, Territorio y Sociedad. La dimensión de los agentes teóricos*,138-143. Jorge Tapia Quevedo (Coord.), Universidad Autónoma del Estado de México. *Dirección de Difusión Cultural, UAEM*.
- Ortiz. S. C. A. y Cuanalo de la C, H.E. (1978). *Metodología del Levantamiento Fisiográfico, un sistema de Clasificación de Tierras*. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México pp. 13 - 16.
- Ospina, R. J.G.( 2015). *Manual Técnico Del Cultivo de Maíz Bajo Buenas Prácticas Agrícolas*. Medellin, Colombia.

Porta, J. Lopez-Acevedo, M. y Roquero, C. (2003), Edafología Para La Agricultura y El Medio Ambiente. 849.

Ruiz, C.J.A.; Medina G.G; González A. I. J.; Flores L. H.E.; Ramírez O. G.; Ortiz T. C.; Byerly M. K.F. y Martínez P. R.A. (2013), Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.

Sampieri, R.; Carlos, C. y Lucio, p. (2003), El Proceso de Investigación y Los Enfoques Cuantitativo y Cualitativo: Hacia Un Modelo Integral. *Metodología de la Investigación.*, McGraw-Hill Interamericana. México D.F. 8–25.

Siller-Cepeda, J.; Baez, M.; Sañudo, A.; Baez, R. (2002) Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., SAGARPA. México D.F.

Tapia, P. N. (2002), Agroecología y Agricultura campesina sostenible en los Andes Bolivianos. El caso de Ayllu Majasaya Mujlli. Departamento de Concabamba Bolivia. Plural Editores, 373 pp.

WRB. IUSS Grupo de Trabajo (2007), Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización (2007), Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

WRB, IUSS Working Group (2015), Base referencial mundial del recurso suelo (2014), Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.

#### PAGINAS INTERNET

Academia (2018), El cultivo del Maíz. Guía para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Consultado el 30 de enero de 2019 en <https://www.academia.edu/9258185/>

Agricultura (2014), La Importancia de la materia orgánica en el suelo. 19 de noviembre de 2014. Fuente: Agromatica; consultado en: <http://agriculturers.com/>. el 19 de noviembre de 2019

AgriNova (2017), La utopía del 5% de la materia orgánica. AGRI nova CIENCIA. S.A. Almería España. 19 de junio de 2017. Consultado en: <https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/> el 26 de agosto de 2019

Agroder. (2012). Producción de Maíz, México 2010. Consultado el 07 de marzo de 2017 en [http://www.agroder.com/publicaciones/Produccion\\_de\\_Maiz\\_en\\_Mexico-AgroDer\\_2012.pdf](http://www.agroder.com/publicaciones/Produccion_de_Maiz_en_Mexico-AgroDer_2012.pdf).

Agrodyne Systems, (2010), Fertilidad del Suelo y Técnicas de preservación Sustentables. Consultado el día 23 de agosto de 2016 en <https://tarklivestrong.wordpress.com/2010/06/29/fertilidad-del-suelo-y-tecnicas-de-preservacion-sustentables/>.

Agro.unlpam.edu.ar (s/f), consultado el 15 de enero de 2018 en: <http://www.agro.unlpam.edu.ar/ingenieria/edafo/pH%20del%20Suelo.pdf>

ANACAFE (2004), Cultivo Del Maíz. Programa de Diversificación de Ingresos En La Empresa Cafetalera. *Asociación Nacional del Café (ANACAFE)*: 17.

- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2010) Tabla Descriptiva de Razas de Maíz En México.” Consultado el 20 de Mayo de 2017 en [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo6\\_ReunionesTalleres/Tabla\\_razas\\_marzo\\_2010.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo6_ReunionesTalleres/Tabla_razas_marzo_2010.pdf).
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)(2016) Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad(SNIB). Consultado el 17 de Noviembre de 2016 en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)* (2017) Maíz. CONACYT consultado el 08 de febrero de 2017 en: <http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- EcuRed, (2017) Calidad del suelo. Consultado el día 15 de mayo de 2017 en [http://www.ecured.cu/index.php/Calidad\\_del\\_suelo#Calidad\\_del\\_suelo](http://www.ecured.cu/index.php/Calidad_del_suelo#Calidad_del_suelo).
- FAO (2015) consultado el 12 de mayo de 2017 en <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>
- FAO (2018) Materia Orgánica y Actividad Biológica. Conservación de los recursos naturales para la agricultura sostenible. 28 p. consultado 10 de agosto de 2018 en <http://fao.org>
- FAO (2018), Introducción al Maíz y su importancia. Consultado el día 12 de septiembre de 2019. En <http://www.Fao.org>
- FAO (2019) Propiedades físicas el suelo. Consultado en <http://fao.org>. El día 02 de octubre de 2019.
- FIRA (2000) Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. Alternativas de Competitividad:124, consultado el día 2 de Octubre de 2019 en: [https://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/Estadistica](https://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/Estadistica)
- Frers, C. (2000). Los problemas de degradar el suelo. El Cid Editor apuntes. Consultado el 22 de Febrero de 2017 en: <http://www.ecojoven.com/cinco/07/suelo.html>.
- García, N. A. (2005) Universidad de Extremadura. Departamento de Biología y Producción de los Vegetales. Área de edafología y Química Agrícola. en <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/index.html>, consultado el día 03 de Octubre de 2019.
- Gobierno de México, 2017. El Maíz, base de la dieta mexicana desde época prehispánica, Fideicomiso de riesgo compartido consultado el día 07 de septiembre de 2019 en <http://www.gob.mx>.
- Hernández, F. (2017), La Densidad aparente y la Porosidad del suelo. Asistencia Técnica Agrícola. en: [http://www.agrotecnologia-tropical.com/densidad\\_aparente](http://www.agrotecnologia-tropical.com/densidad_aparente). Consultado el 13 de Julio de 2017
- Cambisoles (WRB 1998). Fundación para el conocimiento Madrid Sitio web: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/06/09/139388>. Consultado el 10 de Enero de 2018.
- Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola, y Forestal del Estado de México ( 1 de Octubre de 2017)
- Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola, y Forestal del Estado de México, (27 de Septiembre 2018). Maíz de temporal Valles Altos del Estado de México consultado en



<https://icamex.edomex.gob.mx> variedades de maíz.

IGECEM(Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México) 2011.

INEGI 1997 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFIA). Características Generales Del Cultivo de Maíz. Consultado en <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>

INEGI 2010. Instituto nacional de estadística y Geografía disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?t=0710000000000000&tg=3604>

INEGI 2015.Instituto nacional de estadística y Geografía. Encuesta Intercensal 2015

Infoagro, (2017) El cultivo de Maíz. Primera parte. Sistema de Información del sector Agropecuario Consultado el día 21 de Agosto de 2017, en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.htm>.

Morales,B. F. (2002) “Holística.”: 24. Consultado el 29 de Abril de 2017 en <http://www.telurium.net/PDF/holistica.pdf>. Consultado.

Paliwal, R.L.(2001), El maíz en los Trópicos, Mejoramiento y Producción. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación(FAO) Consultado el 07 de Enero de 2017 en <http://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm>.

Pastor, J. 2012. Evaluación de la calidad del suelo. Consultado el día 15 de mayo de 2017 en <http://jpmscalidaddelsuelo.blogspot.mx/2012/02/que-es-la-calidad-del-suelo.html>

Ramos, R. A. (2013). Mejoran en Chapingo el maíz Cacahuacintle. *La Jornada*, consultado el 25 de enero de 2019 en <https://www.jornada.com.mx/2013/07/16/ciencias/a02n2cie>

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2008). Consultado el 18 de enero de 2017 en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>, Consulta 18-01-2017.

*Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA)*. Consultado el 01 de enero de 2017 en <http://www.Sagarpa.gob.mx>.

*Servicio de Información y Estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP)* (2012). Consultado el 01 de enero de 2017 en [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do)

Servicio de Información y Estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP) (2015). Consultado el 18 de enero de 2017 en <https://www.gob.mx/siap>

Servicio de Información y Estadística agroalimentaria y pesquera (2018). Consultado el 17 de mayo de 2018, en <https://www.gob.mx/siap/articulos/fecha-de-siembras-y-cosechas-en-Mexico>

Servicio Meteorológico Nacional (s.f.) Consultado en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/> diciembre de 2016.

Smart Fertilizer Management (2019), Consultado el día 27 de noviembre de 2019, en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/phosphorus>.

Vaca, P. R. (2015). Propiedades físicas relacionadas con la calidad del suelo[Diapositivas de Power

Point]. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017 de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/34428>

Velázquez, L (2019). Exitosa Primera Exposición de Maíz Cacahuacintle en Calimaya. El pulso del estado de México. Consultado el 03 de enero de 2020. En: <https://elpulsoedomex.com.mx/exitosa-primera-exposicion-de-maiz-cacahuazintle-en-calimaya/>

Vite, G.F (2017) Y, Precisamente, Ecología, Que Derivó De Griegos. Consultado el día 07 de Enero de 2109 en: [http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant\\_omnia/23/03.pdf](http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/23/03.pdf).

# ANEXOS

## ANEXOS

### Anexo 1. Entrevista con productores de maíz Cacahuacintle

Fecha de entrevista: 23/10/17	Santa María		Bonanza		Zacango	
Nombre	Alberto Bobadilla Muciño		Jorge López Muciño		Jorge López Muciño	
Lugar de nacimiento	Santa María Nativitas		Santa María Nativitas		Santa María Nativitas	
Sabe leer y escribir Ultimo grado de estudios	Si/trunca agronomía		Si/ Lic. en turismo		Si/ Lic. en turismo	
Ocupación	Productor		Empresario		Empresario	
Edad	52 años		56 años		56 años	
Estado Civil	casado		casado		casado	
Dependientes económicos	3		4		4	
Hijos	H 1	M 1	H 1	M 2	H 1	M 2
Edad	19	17	25	23 y 9	25	23 y 9
Ocupación	Estudiante	Estudiante	Estudiante	Estudiante		
Ingreso promedio mensual	15 mil		45 mil			
% de ingresos proviene de actividad agropecuaria?	100 %		100%			
Hace cuánto siembra	20 años		25 años			
A qué edad empezó a sembrar	20 años		28 años			
Quien le enseñó a sembrar	Papá		Papá			
¿Alguien le ayuda con la actividad?	Trabajadores		Hermano			
¿Siempre ha sembrado cacahuacintle? ¿Qué variedad?	si	criollo	si Criollo			
Por qué cultiva Cacahuacintle	Mayormente por tradición		Creo que tiene ventaja económica sobre otros maíces			
¿Sembrar cacahuacintle es rentable? por qué?	No siempre, Por los precios en el mercado, afecta la cuestión climática, y la oferta y demanda		Si, por que además de sembrarlo lo proceso lo que le da un valor agregado			

#### UNIDAD PRODUCTIVA

Su cultivo es anual Riego/temporal	Anual temporal	Anual temporal	
# terrenos manejo en el ciclo agrícola	6	10	
Total, de superficie sembrada	30 has	40 has	
Cuanta es propia, rentada medias o prestada	25 has rentadas 5 has propias	30 has rentadas 10 has propias	
Superficie en la que se realizaron estudios	12.4 has	3.68 has	1 has
¿Ha recibido ofertas por su tierra?	no	no	
Si deja de producir le convendría vender, rentar, traspasar, ¿por qué?	Vender, porque la pagan bien	Rentar, porque a la larga se obtiene más y sigue siendo tuya	

¿Como visualiza el cultivo de cacahuacintle en diez años, por qué?	Creo que aun será rentable sembrarlo Porque tiene mercado, pero ya los jóvenes ya no quieren sembrar	Creo que la producción va a disminuir, se están vendiendo las tierras donde se siembra, ya no quieren sembrar.
Que necesitaría para mantener la producción	Que el precio en el mercado se mantenga	Quizá hacer mejoras como agregar más materia orgánica, mejorar la calidad del suelo
¿Qué usos conoce del cacahuacintle?	Pozole, elotes tamales, tortillas, galletas, Wishkey	Pozole, galletas, tamales, harina, Wishkey

## PRODUCCIÓN

Cuando comienza a preparar la tierra	Enero	Enero	
En que consiste la preparación	Voltear el suelo, incorporar rastrojo, ablandar el suelo	Ablandar el suelo, deshacer surcos antiguos, retirar el rastrojo	
Para que la realiza	Para que las raíces penetren, controlar malezas, incorporar materia orgánica	Para que las raíces penetren, controlar malezas, incorporar materia orgánica	
Maquinaria utilizada	Tractor, implemento rastra y arado	Tractor, implemento rastra y arado	
Día en que inicia la siembra	Entre el primero y 15 de abril	Mediados de marzo principios de abril	1 al 3 de marzo
Maquinaria utilizada	Tractor y sembradora	Tractor y sembradora	
Semilla usada * hectárea	45 kg	50 kg	
Gasto * hectárea	7500	15000	
Toneladas cosechadas * hectárea	4.5 ton /ha	5entre 5 y 5 ½ toneladas	
Porcentaje que usa consumo animales venta	0% 20% 80%	0% 5% 30% Y 65% para procesarlo	
A quien vende la cosecha	Intermediario, Comunidad	El grano se vende a intermediario, productores de Wishkey, en esta cosecha, y el procesado en tiendas de abarrotes, y “la casa del tío Toño” “potzolcalli”	
¿Como lo vende?	Se vende en grano	Grano, procesado y empaquetado	
Precio por kilo	Descabezado 6.50 Entero 6.0	Descabezado 9.50 Entero 6.0 Procesado 18 pesos	
Conoce como lo usa el comprador	Se vende en la central de abasto para pozole	Pozole Wishkey	
¿El consumo es nacional, por qué?	Si, para exportar son demasiado los tramites	Si, para exportar son demasiados tramites	
Cuántas personas contrata para sembrar	total   H   M	Total   H   M	
	3   3	20   18   2	
Cuanto tiempo	Todo el año	3 durante la siembra, 6 para fertilización aplicación de herbicida, deshierbe, suman 11 en la cosecha	
Gasto de mano de obra	60,000 anuales	153,600	
De la ganancia qué % reinvierte en la siembra	Es variable a veces el total.	Entre el 25 y 30 %	
% de ganancia respecto a lo que invierte	Variable, 20%	40 y 50 %	
Precio en los últimos 5 años	2012- 2015 :12 pesos 2016 :5 pesos 2017: 6.50	2012: 6 pesos 2013-2015: 12 pesos 2016: 5 pesos 2017: 6 pesos	
¿Enfermedad de su cultivo?	Roya	Roya hace tres años, huitlacoche	
Por qué factor se ha visto más afectado su cultivo	Granizadas	Granizadas	

Malezas que afectan su cultivo	Calabacilla, acahual, quelite	Calabacilla, acahual, nabo, pata de pollo
plagas que afectan su cultivo	Gallina ciega, alfilerillo, frailecillo, pulgón, araña roja,	Gallina ciega, alfilerillo, frailecillo, pulgón, araña roja, gusano elotero
Daños provocados por malezas o plagas	No fueron significativos pero cada vez es más frecuente	Granizadas, acame

Agroquímicos										
Santa María ¿Utiliza?	Si/no	Días en que lo aplica	marca	tipo	% en una tonelada de maíz	precio	Aplicación en hojas o suelo	Combina con hormonas	Manual o mecánica	Cuántas aplicaciones realiza
Herbicida	Si	Junio/julio	Atracina 90	Gesaprim autosuspendible	2-3 kg /ha	170/kg	Suelo	No	mecánica	2
Fertilizante	Si	30 días después de sembrar	18/46 con potasio	Granulado solido	5/18 potasio 2 kg de cloruro	400 * bulto	Suelo	No	Mecánica	Abril mayo Junio (3)
insecticida	Si	Abril	Balazo furadatina	granulado	20 kg	400* bulto	Suelo hojas	no	mecánica	1 1
Abono Orgánico	si	Abril, junio	Estiércol de borrego	estiércol	varia		suelo	no	manual	2
Bonanza/ Zacango ¿Utiliza?	Si/no	Días en que lo aplica	marca	tipo	% en un ton de maíz	precio	Aplicación en hojas o suelo	Combina con hormonas	Manual o mecánica	Cuántas aplicaciones realiza
Herbicida	Si	Julio/agosto	Calibre 90 Aggron Focus	Gesaprim  Glifosan Carfentrazone desecante	2 kg/ha  ½ litro 1 lt/ha	\$170* kg  75*kg 70*1t	Suelo	No	mecánica	2
Fertilizante	Si	Marzo y mayo	Akhapost Yara	violeta	4 kg / ha 800 kg/ha	930 * bulto 10,400*ha	Hojas Suelo	No	Mecánica	2
insecticida	Si	Junio y agosto	Folimat Agromil inex	sistémico plus adherente	400ml/ha 500 ml/ha 250 ml/ ha	920* lt 95 * lt 126* lt	Hojas	No	Mecánica	2
Abono Orgánico	si	Marzo, abril, Mayo	Mezcla abono de caballo, borregos y toros	1 ton/ha			Hojas	No	mecánica	3

MAQUINARIA Y EQUIPO

	<b>Animales de tiro</b>	<b>tractor</b>	<b>sembradora</b>	<b>cosechadora</b>	<b>otra</b>	<b>Propia Rentada prestada</b>	<b>Combustible que usa</b>
Santa María	no	si	si	no	Rastra Arado Cultivadora aspersor	propia	diésel
Bonanza/Zacango	Si	Si	si	si	Rastra Arado	Yunta es rentada Maquinaria propia	diésel

PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

	<b>Santa María</b>	<b>Bonanza</b>	<b>Zacango</b>
Condiciones de crecimiento	Altitud de los 2400-2700 msnm, suelo volcánico, humedad residual, clima	Clima, suelo (franco arenoso)	
Factores que determinan la fecha de inicio de siembra	Tradicción, condiciones climáticas	altitud	Altitud, aquí se inicia antes por el frio se alarga el ciclo
Altitud a la que crece	2400- 2700		debajo de los 3200msnm
Zona que produce mejor	Valle de Toluca, Tenango, Mexicaltzingo	Media y baja	
Relación entre altitud y siembra	A mayor altura sea alarga el ciclo	En las regiones más altas se tiene que empezar a sembrar antes	
Relación temperatura siembra	8 la mínima 30° máxima, a temperaturas altas se estresa el cultivo	Las zonas más templadas son mejores para producir, las partes bajas acumulan mucha agua y el maíz se mancha	
Relación temperatura plagas	A mayor temperatura mayor presencia de plagas	Las lluvias y el frio ayudan a controlar plagas como el frailecillo o la araña roja	
Consecuencias de exceso de lluvia en Cacahuacintle	Se mancha el grano o se pudre	Se mancha el grano o se pudre	
Consecuencias de poca lluvia	a planta se somete a estrés y hay merma en la producción	La planta se somete a estrés y hay merma en la producción	
Como es su suelo	Ligero muy permeable	ligero	Pesado, tiene mucha humedad
Como considera la infiltración	Tiene muy buena infiltración	La infiltración es mayor	Es mayor
humedad	Muy buena humedad	buena humedad	Tiene mayor humedad
Su suelo tiene ventajas o desventajas ¿Cuáles?	Ventajas, buena humedad infiltración	Buena humedad, infiltración es fértil	Tiene muy buena humedad
Fauna encontrada en la capa arable	Lombriz, gallina ciega	Lombriz, gallina ciega	
En qué mes hay mas	Febrero, marzo	Enero y Febrero	
Que efectos tienen en la planta	Se comen las raíces de la planta	Se comen las raíces de la planta	
qué efectos tiene en el suelo	No hay efectos el suelo se comporta normal	No hay relación entre estos organismos y el suelo	
Los insecticidas realizan alguna selección	No, mata todo	Barre con todo	
Realiza algún control biológico de plagas	no	no	



Ha realizado mejoras en su siembra	Aplicación de abono natural e incorporación de rastrojo	no
Qué resultados obtuvo	Mayor fertilidad del suelo	
Que tratamiento les da a los residuos de su cosecha	Lo reincorporo al suelo, alimento animales	Una parte la reincorporo al suelo, una la uso para alimentar animales
¿Tiene animales? cuáles?	borregos	Caballos y borregos
¿Combina la actividad agrícola y pecuaria?	si	si
¿El abono orgánico lo compra?	Son las heces del borrego	Compro una parte y una parte la hago
¿Ha sembrado el cacahuacintle asociado, intercalado, por qué?	No, no es rentable por desconocimiento del mercado	Si, con frijol zanahoria, lechuga
¿Rotación de cultivos, por qué?	No, el ciclo del cacahuacintle es de todo el año	No,
Noto alguna diferencia en la producción		no
Sabe de algún otro lugar donde siembren cacahuacintle	Puebla, Coatepec harinas	puebla
Qué características tiene el cacahuacintle de esa zona	El grano es más pequeño	Calidad es menor
Recibe asesoría técnica, ¿de quién?	no	no
Usted es parte de alguna organización de siembra	no	no
Ha tenido que tramitar créditos para producir	si	si
Utiliza semilla criolla o mejorada ¿por qué?	criolla	criolla
Compra o selecciona la semilla de antigua cosecha	selecciona	ambas
Criterios para seleccionar semilla	Posición de la caña, forma del grano, grosor del olote,	Recolección mazal, planta chaparrita, mazorca grande, el elote en posición baja
Ha realizado alguna mejora en la semilla	Con el tiempo la selección mazal ha logrado plantas más resistentes	Si se ha mejorado la semilla, por la selección
¿Durante los años de siembra notado cambios o perdida de suelo?	no	No
Utiliza alguna técnica de conservación	Sangraderas o botones	botones
Cuál es su función específica	Previene la erosión	Detener el suelo y el agua
¿Sabe que vegetación había antes en su zona de siembra?	Arboles de sauco	no

EN LA ZONA SE ENCONTRARON LAS SIGUIENTES ESPECIES VEGETALES

Santa María	Si/no	Sabe si tiene algún uso	Usted la usa	Que hace con ella	Por que
Achual	S	N	N	La quito	Para mí es maleza
Aceitilla	N	N	N	La quito	Para mí es maleza
Calabacilla	S	N	N	La quito	Para mí es maleza
Cilantrillo	N	N	N	La quito	Para mí es maleza
Chivatitos	S	Comestible	Muy poco	La quito	Para mí es maleza
Frijol	S	Comestible	Muy poco	La quito	Para mí es maleza
Lengua de vaca	S	No sabe	N	La quito	Para mí es maleza
Maíz zapato	S	Forraje	N	La quito	Para mí es maleza
Nabo amarillo	S	Forraje	N	La quito	Para mí es maleza

Pata de pollo	S	N	N	La quito	Para mí es maleza
Pasto alfombra	S	N	N	La quito	Para mí es maleza
Pasto forrajero	N	N	N	La quito	Para mí es maleza
Quelite	S	Comestible	N	La quito	Para mí es maleza

Bonanza/ Zacango	Si/no	Sabe si tiene algún uso	Usted la usa	Que hace con ella	Por que
Acahual	S	N	N	La quito	plaga
Aceitilla	N	N	N	la quito	plaga
Calabacilla	S	N	N	la quito	plaga
Cilantrillo	N	N	N	La quito	plaga
Chivatitos	S	N	N	la quito	plaga
Frijol	S	Come	S	como	
Lengua de vaca	S	N	N	La quito	plaga
Maíz zapato	S	N	N	La quito	plaga
Nabo amarillo	S	Comestible	si	Como	
Pata de pollo	S	N	N	La quito	plaga
Pasto alfombra	S	N	N	La quito	plaga
Pasto forrajero	S	N	n	La quito	plaga
Quelite	S	Comestible	si	como	

	Santa María	Bonanza	Zacango
3 principales problemas de producción	Falta de apoyo del gobierno, precio en el mercado que varia Clima	Falta de mano de obra, alza en costos	
3 problemas principales de comercialización	Falta de liquidez cuando hay sobreproducción	Son los precios, los costos que no se mantienen y en los insumos aumentan	
En los últimos 5 años ha producido más o menos	Se ha mantenido la producción	Mas	
causas	Tenemos una limitante de producción por ser semilla criolla	Le he realizado algunas mejoras, en semilla, abonos y con maquinaria	
¿Aumento o disminuyo la superficie que siembra?	Este año aumento	aumentado	
causa	Rente mas	Este año está comprometida la cosecha para ello se rentó más tierra	
Dentro del municipio cree usted que la superficie de producción aumento o disminuyo	Disminuyo	Disminuyo	
causas	La gente está vendiendo su tierra	La gente ya casi no siembra	

## Anexo 2 Perfil tipo. Localidad Santa María Nativitas

	<p><b>Ap</b></p> <p><b>0-10 cm.</b> Color 7.5YR 3/2 café (húmedo), ligeramente húmedo, sin motas, textura arenosa, poca pedregosidad con el tamaño de gravas y forma angular formadas a partir de ceniza volcánica, de consistencia suelta no adhesiva, no plástica, numerosos poros continuos dentro y fuera de los agregados de morfología intersticial horizontal, con rápida permeabilidad, bien drenado, con un pH de 6 con pocas raíces delgadas. Se encuentra lombrices y gallinas ciegas (Promedio de 3/m)</p>
	<p><b>10-35 cm.</b> Ligeramente húmedo con color 10 YR 3/2 textura areno-francosa, pocas rocas del tamaño de gravas angulares de ceniza volcánica, estructura moderadamente desarrollada, ligeramente adhesiva, ligeramente plástica. Consistencia suelta en seco, y friable en húmedo Numerosos poros continuos dentro y fuera de los agregados de morfología caótica intersticial con rápida permeabilidad, bien drenado, con pH de 6, pocas raíces finas, sin fauna.</p>
	<p><b>35-60 cm.</b> Color 7.5 YR 2. 5/2, ligeramente húmedo, textura areno-francosa, muy pocas rocas, pequeñas angulares de ceniza volcánica blando friable ligeramente adhesivo y plástico muy poroso intersticial, de alta permeabilidad, bien drenado pH de 6 sin raíces ni fauna</p>
	<p><b>60- 75</b> Color 10 YR 3/4 húmedo, textura arenosa ligeramente rocosa (gravas, rocas pequeñas) forma angular, de ceniza volcánica, estructura moderada, consistencia blanda friable. Ligeramente adhesivo y plástico, poros numerosos y gruesos dentro y fuera de los agregados intersticial permeabilidad rápida bien drenado con pH de 6 sin raíces ni fauna</p>
	<p><b>&gt;75 cm.</b> Color 10 YR 4/6 ligeramente húmedo textura, arena rocas dominantes, (gravas y rocas pequeñas), de ceniza volcánica, sin estructura, de consistencia suelta, muy friable. No adhesivo, no plástico con numerosos microporos gruesos continuos dentro y fuera de los agregados, intersticial de muy rápida permeabilidad, bien drenado con pH de 6, sin raíces, sin fauna.</p>

