



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**Evaluación de la sustentabilidad del municipio de
Atotonilco el Grande, Hidalgo.**

TESIS

Para obtener el título de
Biólogo

Presenta:

Everardo Trujillo Moreno

Dirigido por:

M. en C. Ramiro Ríos Gómez

Ciudad de México, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A toda mi familia, por todo su apoyo y las enseñanzas que me ha brindado. Agradezco formar parte de la familia Trujillo y la familia Moreno, grandes ejemplos de unión.

A mi madre por haberme dado el apoyo y nunca dejar de apoyarme y exigirme, y siempre alentarme a superarme y buscar cosas grandes. Pero por sobre todo por brindar amor incondicional a tus hijos. Las letras no serán suficiente para expresar mi agradecimiento.

A mi padre por mostrarme siempre mostrar su cariño a su manera.

A mis hermanos, porque a pesar de nuestras diferencias siempre seremos familia.

A mi abuela, por haber sido una segunda madre, no solo para mí, para todos los miembros de la familia.

A mi abuelo, por inculcarme el hábito del estudio.

A mis amigos Judith, Jesús, Luis, Ramiro, Víctor Manuel, Fidel, Berenice Moisés, Octavio, Ángel, Luis Ángel, por haberme acompañado en el transcurso de una carrera, y que sé que seguirán estando mucho más tiempo, porque la hierba mala nunca muere.

A mis amigas Areli y Mitzi, quienes en especial quiero agradecer por los grandes momentos que compartimos y haberme enseñado a apreciar.

Al profesor Ramiro Ríos por haber sido una guía para lograr este trabajo, tener la paciencia para tratar conmigo y haber insistido en dar lo mejor de mí.

A los profesores Arcadio Monroy Ata, Eliseo Cantellano de Rosas, Esther Matiana Gracia Amador y Marisela Mejía Arteaga por su valiosa aportación a este trabajo.

Finalmente a todas aquellas personas, alumnos, profesores, y personal de la escuela, que hicieron de la carrera una gran experiencia.

Dedicada a:

A mis abuelos, Isabel Navarrete Garduño y Gregorio Moreno de la Rosa, por habernos acogido a mis hermanos y a mí de niños, darnos educación y ser nuestros segundos padres.

Resumen

En México solo el 15% del suelo es apto para el cultivo, razón por la cual es necesario realizar estudios a nivel local para mejorar su conocimiento, manejo y conservación a largo plazo, aplicando los principios del desarrollo sustentable. Este trabajo se realizó en Atotonilco el Grande, Hidalgo, y tuvo como objetivo caracterizar los sistemas de producción agrícola, evaluar propiedades de suelo y el nivel económico de la población productora. Se realizaron encuestas para recabar datos e identificar sistemas de producción definidos, así como descripción de perfiles, muestreos de suelo y análisis físicos y químicos para identificar fortalezas y debilidades para el desarrollo vegetal. Se generaron mapas con Qgis y se realizó un estudio de la relación costo beneficio para comprobar si los ingresos de la actividad agrícola suplen los gastos anuales de una familia pequeña. Los resultados muestran suelos variados entre francos y arcillosos, propiedades físicas no limitantes, pH neutros, sin problemas de salinidad, deficiencias notables de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Se identificaron 5 sistemas de producción y se generaron los mapas localidades del municipio, tipos de suelo, manejo de suelo y el de ubicación de los sitios de muestreo. El sistema de producción agrícola con riego y empleo de fertilizante es el único que se aproxima a los beneficios netos mínimos para sostener una familia de 4 personas. Se concluyó que los suelos no representan una limitante para la producción sin embargo, el espesor de los mismos sí. La producción de maíz del municipio está por debajo de la media nacional (2.8 ton/ha), únicamente el sistema SARA, ante esta situación se recomienda implementar asociaciones y rotaciones de cultivo, favorecer el empleo de abonos orgánicos y diversificar el patrón de cultivo.

| Índice: | Pag. |
|--|-------------|
| Introducción | 9 |
| Marco Teórico | 12 |
| El sector Agropecuario en México. | 12 |
| Desarrollo sustentable | 15 |
| El concepto de desarrollo..... | 18 |
| El desarrollo sustentable en México. | 21 |
| Zona de estudio..... | 23 |
| Hipótesis..... | 24 |
| Justificación | 24 |
| Objetivo general..... | 25 |
| Objetivos particulares | 25 |
| Material y métodos..... | 25 |
| Descripción y muestreo de perfiles de suelo y análisis físico y químico de suelos..... | 25 |
| Caracterización de los sistemas de manejo agrícola..... | 27 |
| Identificar el tipo de sistema de manejo agrícola..... | 28 |
| Elaboración de mapas de tipo y uso de suelo. | 29 |
| Relación costo beneficio por sistema de producción. | 29 |
| Resultados..... | 31 |
| Descripción de perfiles y muestreo y medición de variables edáficas..... | 31 |
| Descripción de perfiles. | 32 |
| Análisis físico y químico de los suelos de Atotonilco el Grande, Hidalgo | 46 |
| Resultados de caracterización de sistema de manejo agrícola..... | 69 |
| Identificación de los sistemas de producción agrícola..... | 75 |
| Generación de Mapas | 79 |
| Caracterización socioeconómica..... | 84 |
| Discusión de resultados. | 90 |
| Conclusiones | 95 |
| Literatura citada | 97 |

Índices cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1 Cronología de la legislación ambiental en México..... | 21 |
| Cuadro 2. Uso del suelo en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 24 |
| Cuadro 3. Diferencias entre sistemas de producción tradicional y convencional | 28 |
| Cuadro 4. Ubicación de sitios de muestreo de suelo en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo | 31 |
| Cuadro 5. Descripción ecológica del Leptosol réncico de Cerro Colorado, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo..... | 32 |
| Cuadro 6. Caracterización morfológica del Leptosol réndzico de Cerro Colorado, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 33 |
| Cuadro 7. Descripción ecológica del Leptosol lítico a 1 km de Loma del Zapote, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 34 |
| Cuadro 8. Caracterización morfológica del Leptosol lítico a 1 km de Loma del Zapote municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 35 |
| Cuadro 9. Descripción ecológica del Mollisol de Santa Maria Amajac, Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 36 |
| Cuadro 10. Caracterización morfológica del Mollisol de Santa Maria Amajac, Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 37 |
| Cuadro 11. Descripción ecológica del Regosol de Camino a Santo Niño, Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 38 |
| Cuadro 12. Caracterización morfológica del Regosol en Camino a Santo Niño, Atotonilco el Grande, Hidalgo | 39 |
| Cuadro 13. Descripción ecológica del Luvisol de la Carretera Huejutla de Reyes Pachuca, Atotonilco el Grande, Hidalgo..... | 40 |
| Cuadro 14. Caracterización morfológica del Luvisol de la carretera Huejutla de Reyes Pachuca, Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 41 |
| Cuadro 15. Descripción ecológica del Vertisol de San José Zoquital, Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 43 |
| Cuadro 16. Caracterización morfológica de Vertisol de San José Zoquital, Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 44 |
| Cuadro 17. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos leptosoles de Atotonilco el Grande..... | 46 |
| Cuadro 18. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos leptosoles de Atotonilco el Grande..... | 48 |
| Cuadro 19. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos vertisoles de Atotonilco el Grande..... | 49 |
| Cuadro 20. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos vertisoles de Atotonilco el Grande..... | 51 |
| Cuadro 21. Resultados del análisis de propiedades físicas de suelos mollisoles en Atotonilco el Grande..... | 52 |
| Cuadro 22. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos mollisoles de Atotonilco el Grande..... | 52 |
| Cuadro 23. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos luvisoles de Atotonilco el Grande..... | 53 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 24. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos luvisoles en Atotonilco el Grande, Hidalgo..... | 55 |
| Cuadro 25. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos regosoles de Atotonilco el Grande..... | 56 |
| Cuadro 26. Resultados del análisis de propiedades químico de suelos regosoles de Atotonilco el Grande..... | 56 |
| Cuadro 27. Interpretación de propiedades de suelo por localidad. | 58 |
| Cuadro 27 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad | 59 |
| Cuadro 27 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad..... | 60 |
| Cuadro 27 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad | 61 |
| Cuadro 27 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad..... | 62 |
| Cuadro 28. Conclusiones generales para cada localidad muestreada..... | 63 |
| Cuadro 29. Recomendaciones para los suelos analizados de cada localidad muestreada en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 66 |
| Cuadro 30. Caracterización de los sistemas productivos de Atotonilco el Grande, Hidalgo. | 69 |
| Cuadro 31. Características de los predios y su porcentaje respecto a la población entrevistada.... | 72 |
| Cuadro 32. Costos de las principales labores agrícolas en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo | 74 |
| Cuadro 33. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SAT..... | 85 |
| Cuadro 34. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SAT..... | 85 |
| Cuadro 35. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATA | 86 |
| Cuadro 36. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATA | 86 |
| Cuadro 37. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATF..... | 87 |
| Cuadro 38. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATF..... | 87 |
| Cuadro 39. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARA | 88 |
| Cuadro 40. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARA | 88 |
| Cuadro 41. Beneficios brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARF..... | 89 |
| Cuadro 42. Beneficios netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARF..... | 89 |
| Cuadro 43. Cuadro comparativo de beneficios netos (en moneda nacional \$) por formato de venta en los sistemas de producción agrícola identificados. | 90 |

Índices figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa con la ubicación espacial de los sitios de muestreo y descripción de perfiles en Atotonilco el Grande | 80 |
| Figura 2. Localidades de Atotonilco el Grande..... | 81 |
| Figura 3. Representación espacial de los principales tipos de suelo reconocidos..... | 82 |
| Figura 4. Representación espacial del uso de suelo agrícola en Atotonilco el Grande..... | 83 |

Introducción

La problemática medioambiental es inherente al comienzo de la actividad económica del ser humano, sin embargo, hace relativamente poco tiempo paso a formar parte de las políticas públicas de todo el mundo. Si bien ya existían ciertas posturas que criticaban la industrialización por sus efectos en la sociedad y el medio ambiente, el ambientalismo como se concibe hoy en día surge a raíz de la preocupación de la acumulación de desechos (López, 1982). En la década de los 60, numerosos informes científicos entre los que se pueden citar la primavera silenciosa, de Rachel Carson en 1962 y *Science and Survival*, de Barry Commoner en 1966 y la aparición de movimientos ecologistas en todo el mundo se comenzaron a erigir las primeras instituciones y legislaciones enfocadas a la conservación del ambiente, que ha pasado de ser de un tema marginal a uno obligado en cualquier proyecto o programa a realizar.

Los seres humanos en la antigüedad vivían estrechamente relacionados con las condiciones naturales. Citando el pensamiento lacandón, el hombre es tan solo parte de una totalidad, en la que las poblaciones humanas, animales y vegetales coexisten en un sistema de interacciones biológicas y energéticas (Morales, 2010). Con la invención de la agricultura, se dieron las condiciones para transitar del nomadismo al sedentarismo y permitió al ser humano enfocarse a actividades diferentes además de la búsqueda de comida, y desarrollar hitos como la ciencia y la tecnología, el comercio, el lenguaje, la urbanización y la evolución de la cultura (Common y Stagl, 2008).

La cultura comprende el conjunto de costumbres, creencias e instituciones como el arte, el derecho, religión o técnicas incorporadas a la vida cotidiana que le inculca la sociedad, y ésta se traduce a la manera en que interactuamos con otras personas y el medio (Paramo, 2010). La sociedad pasó con el tiempo y los avances en el pensamiento humano de una sociedad guiada por saberes religiosos y comunitarios a una basada en la racionalidad, desarrollo científico tecnológico, individualismo y la idea del progreso (Durand y Durand, 2004). La revolución industrial tuvo como efecto el impulso de la tecnología, las innovaciones conducían a otras innovaciones que permitían producir cada vez más en menor tiempo (Chávez, 2004), por lo que se dio inicio un periodo de explotación desmedida de recursos naturales y el empleo de energías no renovables.

Mercado y Ruíz (2006) exponen algunas opiniones sobre el origen de la problemática ambiental, entre las que se pueden mencionar la tesis que afirma que deviene de la propia naturaleza del ser humano y su relación con el medio natural, el surgimiento del capitalismo y sus principios de acumulación de riqueza, hasta los tiempos de la revolución industrial. El medio ambiente ya no es solo un tema de bienestar natural, sino que también tiene repercusiones sociales y económicas

Los impactos de las actividades humanas incluyen la actividad del ciclo global del carbono mediante emisiones de dióxido de carbono y metano; la modificación del

ciclo del nitrógeno, del fósforo y del azufre; la interrupción de los flujos naturales de los ríos, que interfieren en el ciclo del agua, la destrucción de ecosistemas que está conduciendo a la extinción de innumerables especies y la modificación drástica de la cobertura de la tierra del planeta (PNUMA, 2012).

Los problemas medioambientales surgen de las incompatibilidades existentes entre las cualidades biofísicas del entorno y las relaciones socioculturales actuantes sobre él (García, 2005). La relación que la sociedad establece con su entorno resulta de su estilo de desarrollo, modo de producción y la apropiación de los recursos, así como del modo en que los emplea para satisfacer sus necesidades, mediada por la estructura social y económica (Agoglia, 2010).

Una definición de medio ambiente dada en Lorda (2011), lo concibe como un binomio sociedad-naturaleza integrado por los subsistemas ecológico, socioeconómico y ambiental con relaciones interdependientes entre sus elementos biofísicos y actores sociales cuyas acciones se proyectan en el espacio y la sociedad. Entre las causas principales y sin embargo menos estimadas está la tendencia de que las personas al no considerarse dentro del medio ambiente así como sus acciones (Meira, 2013).

México en su extensión terrestre cuenta con 198 millones de hectáreas, de las cuales 145 millones se dedican a actividades agrícolas. 30 millones son tierras de cultivo y 115 millones son de agostadero (FAO, 2009). La agricultura es una de las actividades que más degradan al medio ambiente, por el empleo de fertilizantes químicos, el alto consumo de agua, la reducción de la biodiversidad, degeneración genética de las especies y la deforestación de grandes bosques y selvas como fue el caos de los Tuxtlas. Entre 1976 al 2000 la cobertura vegetal se redujo a razón de 0.5% anual, mientras que en el mismo periodo la superficie agrícola aumento de 0.5 a 1.7% anual (Yuñez, 2010).

La economía mundial se enfrenta a una crisis severa, el modelo de acumulación capitalista muestra signos de agotamiento. Entre 2007 y 2008 aumentaron los precios de los alimentos 54%. Los métodos de producción convencionales. La agricultura convencional ha generado altos costos humanos y ambientales producto del uso indiscriminado de insumos agrícolas y los métodos de producción (Sámamo, 2013). Estos costos incluyen erosión y degradación de los suelos, contaminación de aguas, pérdida de biodiversidad, resistencia a los plaguicidas y riesgos en la salud humana asociados con la aplicación de pesticidas y residuos contaminantes.

A pesar de haber perdido importancia, el sector agropecuario sigue siendo pilar de muchas economías en el país. El sector ha sufrido un déficit desde hace treinta años en comparación con otros sectores. La agricultura familiar de temporal es determinante en el sustento de la población rural; cerca del 74% de estas familias rurales además de la agricultura efectúan otras actividades no agropecuarias para complementar sus gastos (Osorio, 2015). Sumado a esto se encuentra sumergido

en el abandono institucional que lo ha debilitado aún más; las importaciones han aumentado y el productor mexicano incapaz de competir en el mercados externo.

La protección del medio ambiente exige conocer sus mecanismos de funcionamiento y para que los programas ambientales tengan sentido necesitan una base científica sólida (Gámez de la Hoz, 2002). Estudios a nivel regional tienen que generalizarse para formular mejor aprovechamiento de los recursos naturales procurando la salud de la naturaleza así como de la población. El estudio de la relación entre recursos naturales con su ámbito local tiene como objetivo la adaptación al ambiente a través de los medios de producción (González-Jácome, 2004). Los estudios de los sistemas de producción permiten formar mejores estrategias de manejo para los sistemas productivos (Xolocotzi, 1988).

El término desarrollo sustentable definido en el informe Bruntland hace referencia a la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones venideras (Bruntland *et al*, 1987). En otras palabras alude a la conservación de la biosfera y su explotación a un ritmo que permita su aprovechamiento por tiempo indeterminado. Sin embargo al ser un concepto aceptado con unanimidad en los diferentes círculos políticos académicos y científicos pocas veces es sometido a discusión, siendo un concepto poco práctico y abierto a múltiples interpretaciones (Ramírez *et al*, 2004).

Llevar a la práctica la sustentabilidad implica transformaciones profundas en el presente modelo de desarrollo. Existe una creciente necesidad de desarrollar métodos para evaluar el desempeño de los sistemas socio-ambientales, y guiar las acciones y políticas para el manejo sustentable de los recursos naturales. La pluralidad de perspectivas impone un reto importante pues dificulta llegar a acuerdos sobre métodos de evaluación (Galvan-Miyoshi *et al*, 2007). Los marcos de evaluación de sustentabilidad representan un vínculo entre el desarrollo teórico del concepto y su aplicación práctica. Existen muchos marcos de evaluación diseñados por diversas instituciones con diferentes enfoques.

En este trabajo se busca determinar la calidad de la agricultura como actividad capaz de sostener la soberanía alimentaria de las comunidades que la practican, de acuerdo a las técnicas de manejo que se emplean en la región de Atotonilco el Grande.

Marco Teórico

El sector Agropecuario en México.

La agricultura en el país dio inicio hace cerca de 9000 años, los vestigios más antiguos hasta ahora se hallaron en el Valle de Tehuacán, como el posible lugar donde se originó (Díaz, 1994). Los primeros pobladores de Mesoamérica se encontraron con un paisaje exuberante lleno de especies vegetales que podían alimentarlos, sobresalieron el maíz, el frijol, la calabaza y el chile. Esta selección de cultivos creó un sistema productivo que fue capaz de alimentar a la región por muchos siglos.

Después de la conquista se incorporaron las tecnologías usadas en Europa, como el arado por animales, el abonado y el sistema de riego (Kraus, 2010). Coexistieron dos tipos de agricultura, una prehispánica maicera e intensiva, y la española extensiva con tracción animal, ambas subordinadas a la importante actividad minera. La hacienda mexicana apareció en el siglo XVI, que se caracterizó por condiciones de vida precarias, jornadas laborales extenuantes, maltratos por parte de los caciques y terratenientes hacia los trabajadores, cuya mayoría consistía de indígenas despojados de sus tierras y forzados a trabajar (Alejandre, 2006). Incluso después de la independencia de México las bases agrarias que existieron por casi 4 siglos permanecieron intactas. La desamortización de tierras decretadas por las leyes de reforma (en especial la ley Lerdo) perjudicó aún más a los campesinos e indígenas, lo que indujo la aparición de grandes latifundios y haciendas, que durante el porfiriato adquirieron un carácter semifeudal, esclavista, capitalista y económicamente cerrado (Martínez, 2010).

La revolución mexicana de 1910 fue impulsada por principios agrarios dados las injusticias y la inequitativa distribución de la tierra. Incluso una vez consumada las demandas de repartición de tierras tuvieron que esperar, debido a que el sistema de producción para exportaciones se mantuvo vigente. Todavía para 1930 el 0.3% de las fincas con extensiones mayores a 1000 ha poseía el 55.8% de la superficie privada total. El 95% de la propiedad permaneció igual (Martínez, 1983). Durante el periodo cardenista se comenzó la transformación del campo, en parte a la propia postura populista del gobierno y a la caída del mercado externo. La demanda de productos mexicanos decreció y la forma única de solventar la economía fue mediante el mercado interno, y se forma el ejido como forma de propiedad comunal de la tierra (Flores, 2008).

Así, para 1940 los ejidos representan ya la mitad de las tierras de labor. De las 14.8 millones de áreas existentes 7 millones son de ejidos y el resto de particulares. Un millón de ha de regadío frente a 738 000 de particulares y de temporal 5.4 millones frente a 6.2 de los particulares. La repartición de tierras y las obras de riego y apoyos gubernamentales permitieron extender la superficie agrícola e introducir nuevos cultivos. La repartición de tierras también permitió el desarrollo de la agricultura

capitalista al reducir la demanda de tierras campesinas y abaratar la mano de obra (Martínez, 1983).

A partir de 1940, con el gobierno de Miguel Alemán cesa la repartición de tierras y se dirigen los recursos a la agricultura empresarial, impulsada por los aumentos en la demanda venidos con la segunda guerra mundial, el nuevo orden social y económico en México y en la composición y orientación política. La hacienda tenía el 30% del territorio y los ejidos el 40%. Se inició la institucionalización del campo y un programa de control de precios (Appendini, 2001). La reactivación de la economía internacional generó cambios técnicos, como el uso de maquinaria e insumos especializados. Se comenzó a usar semilla mejorada y las exportaciones se incrementaron. Hacia 1950 iniciaron obras de irrigación y control de precios, además el estado comenzó a tomar control de la agricultura. El periodo de “milagro económico mexicano” logró un continuo crecimiento del producto interno bruto de 4.5% anual promedio durante 20 años (Romero, 2002).

A partir de 1950 se aceleró la urbanización, lo que llevó a desplazamientos masivos de la población rural a las ciudades, la mano de obra se hizo más barata para las industrias. Con el desplazamiento del campo a las ciudades se comienza a acrecentar la diferencia entre el sector moderno, irrigado, exportador de materias primas y el grupo de los pequeños agricultores tradicionales, encajonada por la protección de los precios (CESOP, 2006)

La agricultura mexicana entró en crisis en el periodo de 1965 a 1982. De acuerdo a las tendencias capitalistas y globalizadoras se dejó de apoyar el sector agropecuario, con la seguridad de que el mercado sería un estabilizador de la economía (CEPAL, 2002) el sector agropecuario se rezagó frente al resto de la economía regional. Al hacerse menos rentable el cultivo de granos básicos al país le resultaba más económico importarlos que producirlos saneando las finanzas nacionales y logrando objetivos antiinflacionarios. Se perdió la autosuficiencia alimentaria conseguida en los 20 años anteriores. Para este periodo la tasa de crecimiento anual fue de solo 1.7%. La pérdida del dinamismo del sector viene sobre todo del sector agrícola, la superficie de temporal disminuyó.

Entre 1965 y 1980, las tierras de temporal disminuyeron su participación en la superficie nacional cosechada de 84 a 71%; en cambio las tierras de riego, aumentaron su participación de 16 a 29 por ciento. A partir de 1955 se redujo el gasto público destinado al sector primario para canalizarlo a sectores de mayor prioridad como son el industrial y en menor medida obras de interés social (Romero, 2002).

Después de la crisis petrolera de los años 80 que eliminan las posibilidades de garantizar el desarrollo interno así como pagar su deuda externa se inicia una nueva estrategia basada en la desregularización de la economía, privatización,

transnacionalización de la economía y apertura comercial. Entre los años 80 al 2000 se replantean los objetivos del desarrollo agropecuario y rural. Se señala que el estancamiento es debido a las políticas populistas e intervencionistas. La política gubernamental se basó en la privatización de la economía, inversión extranjera y apertura comercial. La disminución en los subsidios pretendía fomentar a la inversión privada como principal impulsor de la economía así como las modificaciones del artículo 27.

Se estimó que debilitar las agroasociaciones permite que la concentración de la tierra incorpore nuevas tecnologías y facilitan el acceso al financiamiento al incrementar las garantías dado el carácter embargable de las tierras.

De 1980 a 1988 el apoyo al campo se redujo un 85% y su participación dentro de la inversión pública pasó de 18.9 a 6%. De 1989-1992 las entidades gubernamentales destinadas al sector de 103 a 26. El poder adquisitivo de los productores se redujo en 48.7%, la caída en la rentabilidad del sector agropecuario, las bajas sistemáticas en la inversión y el carácter recesivo de la política sectorial aceleraron la descapitalización del agro; se redujo el parque de maquinaria agrícola, así como las áreas de cultivo de granos básicos sembrados con semilla mejorada, fertilizantes y pesticidas. La apertura comercial dejó desprotegida a los pequeños productores agrícolas mexicanos.

La razón del debilitamiento de la agricultura es su subordinación ante las exigencias de las políticas industrializadoras y estrategias asociadas a la revolución verde debilitando las bases estructurales del sector. Muchas de estas estrategias se lograron en detrimento de los productores tradicionales y sus cultivos históricos, los cuales garantizaban la autosuficiencia alimentaria.

El estado mexicano adoptó principios neoliberales reduciendo los subsidios, marco jurídico que favorece la concentración de la tierra y fomento de la inversión privada y extranjera y la apertura comercial, de acuerdo a los intereses del mercado.

El TLCAN se firmó con la intención de fomentar al empleo, atraer capital extranjero y acelerar el crecimiento, sin embargo los efectos esperados no se han hecho presentes en la economía de los mexicanos. La neolibertación implicó la reducción de los apoyos al campo a menos de su séptima parte. En kilogramos per cápita la producción de los ocho principales granos declinó 20.6% con respecto a 1981, y con las posteriores políticas adversas y la sequía la desplomó hasta 41% (Calva, 1996).

Para 2007, en México se había perdido 37% de la cubierta vegetal y cerca del 45% de los suelos presentan algún tipo de degradación (Semarnat, 2007).

Para 2009 44.2% de la población vive en pobreza, y 10.5% (11.2 millones) viven en pobreza extrema (UNICEF, 2009).

La teoría del desarrollo establece que la agricultura debe aportar a la economía de las siguientes maneras:

- 1) Producir alimentos para una población no agrícola creciente.
- 2) Suministrar a la industria de materia prima.
- 3) Generar excedentes agrícolas exportables.
- 4) Proporcionar un mercado interno para los productos de la industria.
- 5) Generar excedentes de valor para la acumulación urbana.
- 6) Aportar mano de obra a actividades no agrícolas.

El cumplimiento de estos presupuestos depende del incremento acelerado de la productividad y para ello se debe invertir en el campo (Gómez-Oliver, 1995).

Desde 1994 el crecimiento del campo ha sido menor que el del resto de la economía, con periodos de fuerte contracción de 2001 a 2007 el sector tuvo un crecimiento de solo 0.2% anual. Las familias rurales han optado por otras medidas para aumentar su ingreso: incremento de las jornadas de trabajo, actividades no agrícolas, informalidad, maquiladoras y migración. Para 2005 los subsectores que más aportan son frutas y hortalizas (29.1 y 19.6% respectivamente) seguidas del Maíz con 19% y todos los demás sectores han ido a la baja. En parte porque la estructura de la producción obedece a la demanda de los Estados Unidos (Escalante y Catalán, 2008).

Se requiere que la política agropecuaria se integre en el marco de una estrategia rural y nacional incorporando a la política pública con enfoque de la dimensión territorial que reconozca el carácter heterogéneo del espacio rural y de las cambiantes condiciones del campo en el marco de la globalización, incorporando a la sociedad en la formación de dicha política. Así como instrumentar acciones que reduzcan los riesgos en las actividades agropecuarias.

Desarrollo sustentable

La idea del desarrollo sustentable comienza a gestarse a raíz de las preocupaciones emergentes por la situación del medio ambiente. En la década de los sesenta hubo abundantes estudios que alertaban sobre el desastre ecológico causado por la sobreexplotación y contaminación de los recursos naturales. La ONU organizó así las primeras conferencias sobre problemas ambientales: Lake Succes en 1949, la Conferencia Internacional de la Biosfera en París en 1968.

Se desato polémica a las responsabilidades de los países en cuanto al problema ambiental, así como su relación con el desarrollo. El delegado canadiense Maurice Strong convoca un grupo de 27 expertos en Foneux, Francia, para recoger las principales preocupaciones ecológico-económicas de los países menos desarrollados. A partir de esta conferencia se incluyen cuestiones sociales dentro del medio ambiente (Pierri, 2001).

La Conferencia Mundial sobre el Medio Humano en Estocolmo en 1972 es considerada un parteaguas al conciliar los objetivos del desarrollo con la conservación del medio ambiente, por primera vez se reconoció la implicación social pues estos problemas afectan el bienestar de la población y el desarrollo económico (Díaz, 2004). La oposición a las políticas de control ambiental no se hizo esperar por los países desarrollados viendo disminuidas sus expectativas de desarrollo, mientras que el tercer mundo pasó por una crisis en los 80 que lo llevó por el camino del desempleo y la desindustrialización. Se hicieron evidentes los siguientes puntos:

- La pobreza no es consecuencia del problema ambiental sino causa activa.
- Donde hay crecimiento, hay capital y la posibilidad de avanzar en la resolución de los problemas ambientales.
- Se necesitaban crear alternativas tecnológicas a las convencionales

Se comenzó a formar el panorama rumbo a la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1987 presidida por Harlem Bruntland. La comisión subrayó que los problemas del medio ambiente se encuentran directamente relacionadas con la pobreza y la satisfacción de necesidades básicas de alimentación, salud y vivienda, además de buscar una nueva matriz energética que favoreciera las energías renovables (Carmona, 2000). Del informe resultante "Our Common Future" se define formalmente el desarrollo sustentable. La controversia en torno al concepto es que se cree contraria al progreso al apoyar tecnologías alternativas, sin embargo la auténtica intención es avanzar hacia una relación diferente entre economía, ambiente y sociedad. Busca fomentar el progreso desde un enfoque más amplio considerando al medio ambiente dentro del medio humano y viceversa (Calvente, 2007).

La conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo o "Conferencia de Río" en 1992 formó el "Programa 21" que sostiene ciertos puntos importantes: lucha contra la pobreza, cambio en las modalidades de consumo, protección y fomento de la salud humana, integración del medio ambiente y el desarrollo en la adopción de decisiones, contener la explosión demográfica, promover la participación social (Moreno, 2007).

Así el desarrollo sustentable surge como una propuesta que integra 3 dimensiones: la económica, la ecológica y la social y constituye el esfuerzo de construir una visión integral de los problemas del desarrollo (Gutiérrez, 2008). Sin embargo, es una disciplina que no se encuentra lo suficientemente estudiada para definir con precisión la relación entre ellos. El término es criticado por ambiguo e impreciso, considera posible un desarrollo sin crecimiento y además no considera que las necesidades de generaciones futuras no serán las mismas que las del presente. Se califica el concepto de una nueva mistificación para continuar practicando un desarrollo insostenible (Cañal de León y Vilches, 2014).

Actualmente el desarrollo sustentable o sustentabilidad ya es un tema recurrente pese su incertidumbre y ambigüedad. La imprecisión del término sigue siendo una excusa habitual que impide establecer consenso político, reduciéndolo a la formalidad. La búsqueda se centra en un estilo de desarrollo que preserve los recursos naturales que distribuya la riqueza generada y políticamente viable y justa.

La sustentabilidad debe ser valorada con el propósito de implementar técnicas y tecnologías que minimicen el impacto ambiental. Galván *et al.* (2007) argumentan sobre las dificultades de realizar tales trabajos:

1. Múltiples aproximaciones al concepto. Puesto que no existe una sola definición de sustentabilidad tampoco existe un conjunto único de atributos e indicadores a partir de los cuales se evalúan los sistemas de manejo
2. Múltiples actores y objetivos en conflicto. Las evaluaciones de sustentabilidad abordan problemas de decisión social en donde convergen y compiten intereses de diferentes actores sociales interesados en los resultados y las consecuencias de las diferentes estrategias de aprovechamiento de recursos naturales. Las evaluaciones de sustentabilidad se deben basar en marcos multicriterios que permitan abordar los conflictos que surgen en la elección de diferentes alternativas de manejo.
3. Concepto dinámico. No existe un estado real o sustentable previamente definido, los objetivos y las metas se redefinen constantemente.
4. Relaciones entre indicadores. Los indicadores de sustentabilidad no son dependientes y de hecho comúnmente muestran una estrecha interdependencia. Estas relaciones generalmente se ignoran en los análisis convencionales. Por el contrario deben ser estudiados o incorporadas en la evaluación.
5. Calidad de los datos. La información muy rara vez se encuentra disponible y su generación es costosa en tiempo y recursos. El resultado es que se trabaja en alta ignorancia, alta incertidumbre y baja capacidad de producción. La evaluación y adaptación constante es indispensable para corregir los errores ocasionados por la falta de información.

La metodología para hacer operativo el concepto son las evaluaciones de sustentabilidad. Por medio del empleo de indicadores e índices entre los que podemos citar la huella ecológica, índice de desarrollo humano (IDH), y el Producto Interno Bruto (PIB) se trasmite información sobre el estado económico, ambiental y social (Toro *et al.*,2010). Se han desarrollado muchos marcos de evaluación con diferentes enfoques para esta finalidad: el International Framework for Evaluating Sustainable Land Management (FESLM) de la FAO el cual trabaja a escala espacial y está orientado a objetivos, el marco propuesto por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) el cual trabaja a escala institucional, y el

Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) que es el marco más usual en América Latina (Arnés, 2011).

Los problemas sobre sustentabilidad son mejor abordados desde la perspectiva del desarrollo regional, sin embargo la información que tienen los municipios es poco actualizada. La conceptualización de la ciencia de la sustentabilidad significa que a través de la investigación científica e institucional se fortalezca nuestra habilidad de guiar las interacciones entre sociedad y naturaleza hacia trayectorias sustentables al mismo tiempo (Torres *et al.*, 2004).

En un análisis final la sustentabilidad actual implica una lucha por el control del sistema productivo, redefiniendo que se produce y para quien, para mejorar la distribución de los recursos y disminuir la vulnerabilidad de los ecosistemas (Turco, 2012).

El concepto de desarrollo

La definición de desarrollo al ser un concepto histórico ha ido evolucionando con el tiempo. Bajo el juicio de la sociedad actual la palabra desarrollo simplemente significa modernización, siendo éste el medio y la finalidad. El desarrollo ha sido considerado como sinónimo de progreso, se concibe formalmente como un proceso permanente y continuo orientado a mejorar las condiciones de vida humana (Bertoni *et al.*, 2011) basado casi por completo en aspectos económicos. De hecho los índices con los que se mide en un país son macroeconómicos.

Hoy en día, la concepción del desarrollo en el mundo ha tomado rumbo a la modernización, impulsando un modelo propio de aquellos países con mayor poder económico y tachando de ineficientes cualquier otro tipo de enfoque y las sociedades tradicionales. Este modelo sostiene que la acumulación de riquezas es el eje central y la mejor manera de obtenerla es por medio de la industrialización y sobreexplotación de los recursos naturales (Góllas, 2003).

Durante el siglo 20 se dieron muchos avances en la tecnología que permitió producir más en menos tiempo y a menor costo. Cuando se hicieron evidentes los efectos de un ritmo incontenible se comenzaron a tomar acciones a nivel institucional. El concepto ha ido evolucionando con el transcurso del tiempo y el enfoque que se le ha dado varía con las diferentes corrientes de desarrollo. Estos cambios se han dado en diferentes regiones por lo que la evolución del concepto no ha sido un proceso lineal (Bacerra y Pino, 2005).

El enfoque de modernización consiste de pasar de una economía de subsistencia a una de consumo en masa. Básicamente induce al tercer mundo a alcanzar al primer mundo. Este enfoque modernista del desarrollo sostiene que: desarrollo y subdesarrollo son dos etapas de un mismo proceso, alentando a las sociedades

tradicionales a imitar el estilo de vida de las sociedades modernizadas, una rápida industrialización y urbanización e impulsa la agricultura comercial (Valcarcel, 2006).

Corrientes de pensamiento distintas comenzaron surgir en América latina en los sesenta sobre todo porque no se había alcanzado los beneficios de la modernización. La teoría de la dependencia da una dimensión social al desarrollo y establece los siguientes supuestos: El subdesarrollo está conectado de manera directa con la expansión de los países industrializados, el desarrollo y el subdesarrollo son aspectos diferentes de un mismo proceso universal, el subdesarrollo no puede ser considerado como primera etapa de un proceso evolucionista, y la dependencia no solo es un fenómeno externo sino que también se manifiesta bajo diferentes formas en la estructura interna social, ideológica y política (Marcia y Cetré, 2011). Se reconoce al desarrollo y al subdesarrollo como partes integrales del capitalismo. Con los segundos incapacitados de alcanzar a los primeros.

A mediados de los años sesenta surge un enfoque hacia las necesidades básicas y el desarrollo a escala humana, que argumenta que el objetivo del desarrollo es proporcionar a todos los seres humanos una vida plena, así como ciertas aproximaciones ambientales. En la conciencia global que surge en el siglo XX hay movimientos de emancipación frente a las desigualdades sociales y de género, y con estos movimientos una percepción de destrucción de la naturaleza (Leff, 1986).

A la mitad de los ochentas Max-Neef *et al.* (1986) en su libro “Desarrollo en escala humana: una nueva opción para el futuro” sugieren abandonar la modernización uniformizadora y pensar en la diversidad.

Hablan de una crisis en diversos aspectos:

En lo político por que pierden poder frente a las elites de poder financiero.

En lo social a la fragmentación de las identidades socio-culturales, falta de integración en los movimientos sociales, exclusión social y política y empobrecimiento de las masas lo que hace inmanejables los conflictos en el seno de las sociedades.

En lo económico la globalización de la economía, concentración del capital, la participación del complejo militar y las oleadas de tecnología en los patrones de consumo (Valcarcel, 2006).

El sociólogo Alan Touraine (2006) concibe al desarrollo como un proceso limitado a la modernización y es endógeno y exclusivo de sociedades con esta tendencia. El desarrollo es la modernización voluntarista de una sociedad por un estado nacional o extranjero.

Por su parte Sen (2000) define concretamente que el desarrollo es un proceso de expansión de las capacidades de que disfrutan los individuos. El desarrollo demanda que no existan fuentes primordiales que priven al ser humano de su

libertad, pobreza, tiranía, escasez de oportunidades económicas, y las privaciones sociales.

De acuerdo al enfoque neoliberal (1980-1990) el crecimiento económico es el motor del desarrollo y del progreso social, el instrumento y la finalidad del desarrollo y de ser necesario sacrificar las exigencias de la sociedad. Se limita a pocos indicadores de índole económica como referencia para expresar el desarrollo (CEPAL, 2002).

Existen dos problemas fundamentales del estilo de desarrollo que se ha adoptado: considerar los procesos ecológicos ajenos a actividades ecológicas y el hecho de que las principales fuentes de energía sean recursos naturales no renovables (Gligo, 2006). La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) ha sugerido que no habría conflicto entre el desarrollo y la calidad ambiental si se enfocara toda acción política nacional e internacional a mejorar la calidad de vida de la población y la producción se orientase a satisfacer las necesidades básicas y se armonizaran todos los factores del proceso productivo. A su vez se debe reconocer que la calidad del ambiente es parte de la calidad de vida y para nada independiente del sistema humano (Gligo, 2001). Los intereses de la economía y las ciencias ambientales parecen encontrados pero ambos comparten una premisa común: la preservación de la materia prima y la biodiversidad en bien de la humanidad (Rubio, 1998).

Las ideas nacidas a lo largo del siglo XX sobre lo ambiental y lo social, permiten entonces que se asiente la idea de que sistemas sociales y ecológicos estén estrechamente relacionados (Sherman, 2012). La ONU creó la comisión mundial del medio ambiente y desarrollo en 1983 del cual surgió la iniciativa de que cualquier proyecto o acción humana debe realizarse considerando tres enfoques: el económico, social y ambiental (Calvente, 2007). Del informe resultante de esta reunión saldría un concepto que se vino formando desde los años setenta y que se volvería muy influyente en lo que resta del siglo y que cobró fuerza al iniciar el nuevo milenio: desarrollo sustentable. Actualmente es un término cuya definición no se ha consolidado, ya que muchos piensan que tiene un alto grado de idealismo y sujeto a todo tipo de controversias, el desarrollo sustentable toma los principios del ecodesarrollo y lo fortalece con elementos de economía haciendo hincapié en elevar el nivel de vida de los sectores de la población más vulnerables. Sus fundamentos son (SEMARNAP, 1996):

- 1) Modificar pautas de consumo para mantener los recursos naturales y evitar el deterioro de estos a partir de:
 - a) Impulsar la conciencia sobre la importancia de la biodiversidad
 - b) Instrumentar medidas localmente aceptadas a problemas ambientales
 - c) Mejorar el monitoreo del impacto ambiental
 - d) Respetar la diversidad cultural en el mundo y ampliar un enfoque de género en el desarrollo de los proyectos
- 2) Empezar acciones de acuerdo a las siguientes líneas estratégicas:
 - a) Erradicación de la pobreza y la distribución equitativa de los recursos

- b) Aprovechamiento sustentable de los recursos y ordenamiento ecológico de los recursos
- c) Armonizar la realidad social, ecológica y económica.
- d) Promover la participación social efectiva
- e) Impulsar reformas de estado y generar una estrategia socioeconómica propia.
- f) Reducir el crecimiento demográfico y aumentar el nivel sanitario y educativo
- g) Establecer sistemas comerciales competitivos y abiertos tanto internos como externos, incluyendo aumentos en la producción para consumo local.

Todo esto implica una reorientación de la evolución tecnológica y el marco institucional, la modificación de los patrones de consumo, así como la realización de proyectos serios dirigidos a reducir y/o erradicar la pobreza. Además mencionan algunas de las razones del subdesarrollo: globalización, deuda externa, proteccionismo agrario (Pérez y Hernández, 1998).

Más tarde en 1992 se celebra en Rio de Janeiro la denominada “Cumbre de la tierra” se reconoció que la protección ambiental y el desarrollo están ligados y que necesitan acciones globales. Después de la conferencia se impulsó el desarrollo y aplicación de la legislación ambiental, junto con otros decretos e instrumentos internacionales, como la Agenda 21 y la declaración de Rio (Ovalles, 2003).

Los modelos de comercio internacional no sugiere que un incremento del comercio necesariamente sea positivo para la productividad, ni que estimule el producto interno bruto no existe una relación lineal entre el crecimiento económico y el nivel de desigualdad, más aun tiende a la polarización del ingreso (Bromley y Perrotini, 2011).

El desarrollo sustentable en México.

Las primeras leyes sobre recursos naturales en México no consideraban aspectos relacionados con su conservación y recuperación. La evolución de la legislación ambiental fue lenta y tardía, en el Cuadro 1 se mencionan algunos de los sucesos más relevantes:

Cuadro 1 Cronología de la legislación ambiental en México

| Año | Suceso |
|-----|--------|
|-----|--------|

| | |
|------|---|
| 1971 | Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación, enfocada únicamente a la contaminación y con carácter estrictamente federal. |
| 1972 | Se crea la primera institución ambiental, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, dependiente de la Secretaría de Salud, dedicada a los problemas de contaminación urbana. |
| 1982 | Creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), y los temas que eran atendidos por la Secretaría de Salud ahora lo serán por esta última y se promulga la Ley Federal de Protección al Ambiente. |
| 1983 | El plan Nacional de desarrollo 1983-1988 incorpora por primera vez el tema ecológico como factor en el desarrollo económico y social. |
| 1987 | Se reforma el artículo 27 para establecer que es responsabilidad del estado procurar el equilibrio ecológico y el 73 para facultar el congreso para legislar en materia ambiental. |
| 1988 | Se promulga la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la primera de América latina y base de la política ambiental del país. |
| 1989 | Se crea la Comisión Nacional del Agua. Autoridad federal en materia de administración del agua y protección de cuencas hidrológicas. |
| 1992 | La SEDUE se convierte en la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol). Se forma el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). |
| 1994 | Se constituye la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) integrando al sector forestal, el agua, la pesca y todo lo relacionado con el medio ambiente. |
| 1996 | La LGEEPA se reforma para que se adecua a los acuerdos de la Conferencia de Río. |
| 1998 | Reformas constitucionales establecen el derecho a un medio ambiente sano. Se reforman los reglamentos de pesca, de aguas nacionales y se expiden los de impacto ambiental y áreas protegidas. |
| 2000 | Con los cambios a la Ley de Administración Pública la SEMARNAP se convierte en Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). La pesca, como actividad productiva pasa a formar parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Se promulga la Ley General de Vida Silvestre. |

Basado en Meixueiro (2006)

El marco jurídico ambiental se ha ampliado entre las que podemos citar:

- Ley General de vida silvestre en 2000
- Ley General de Bienes Nacionales en 2001
- Ley General para la prevención y Gestión integral de Residuos en 2003
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable en 2007

- Ley General de Asentamientos Humanos Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano en 2016.

La legislación ambiental se ha desarrollado de manera importante en los últimos años

Puede considerarse que el estudio de la sustentabilidad en México tiene como punto de partida la participación de Pablo Gonzáles Casanova en la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo y posterior puesta en marcha del proyecto “Medio ambiente y desarrollo en México”. En este contexto surgen enfoques como el manejo integral de cuencas y la necesidad de analizar la problemática del aprovechamiento y conservación desde una perspectiva multisectorial, más allá de aspectos meramente ecológicos (Macías, 2006).

La tendencia de acciones insustentables no ha cambiado en el nuevo milenio. De acuerdo a datos de la CONAGUA aumento sustancialmente la sobreexplotación de acuíferos a un ritmo de 6 km³ anuales y del 2000 al 2005 se perdieron tres mil seis cientos millones de hectáreas de bosque (Durand, 2009). Además se han dado reformas en leyes con tintes neoliberales como sucede con la Ley de Aguas Nacionales y las al artículo 27.

Para 2004, el 45.2% de la superficie del país presentaba degradación inducida por el hombre (SEMARNAT, 2004) principalmente degradación química, erosión hídrica y eólica. Existen procesos de degradación de suelo, agua y aire, al mismo tiempo que las políticas en materia agraria se revirtieron para beneficiar una vez más a los grandes productores y las nuevas tecnologías de producción agrícola como las semillas mejoradas, el riego y el uso de fertilizantes químicos. Todo esto provoca no solo el deterioro del medio ambiente, sino que también tiene fuertes impactos sociales: reducción de terrenos cultivables, migración del campo a la ciudad, pérdida de conocimientos, y presiones económicas para los pequeños productores al no poder competir con grandes corporaciones, inclusive dentro de su misma región (Pichardo, 2006).

Zona de estudio

Atotonilco el Grande es un Municipio del estado de Hidalgo ubicado entre los paralelos 20° 13' y 20° 27' de latitud norte; los meridianos 98° 32' y 98° 50' de longitud oeste, a una altitud entre los 1300 y 2600 msnm, ubicado en su totalidad en la región hidrológica del Pánuco, en la Cuenca del río Moctezuma. Colinda al norte con los municipios de Metztitlán y San Agustín Metzquititlán; al este con el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y con el municipio de Huasca de Ocampo; al sur con los municipios de Huasca de Ocampo, Omitlán de Juárez y Mineral del

Chico; al oeste con los municipios de Mineral del Chico, Actopan y Metztlán. Las principales geoformas son las llanuras y las barrancas. Los climas son variados y van desde el semiseco templado, templado subhúmedo con lluvias en verano, y seco semicálido. La temperatura media anual va de 12 a 20° C y la precipitación está en el rango de 400 a 1100 milímetros anuales. Coexisten diversos tipos de suelo, pero predomina el Vertisol, Leptosol, Phaeozems y Kastañozems. Aunque también se encuentra Regolsol, Calcisol, Fluvisol y Cambisol. El uso municipal del suelo se muestra en el Cuadro 2, la vegetación original consistía de pastizales en las llanuras y en los cerros encinos y a mayor altitud encino asociado con cupresus y enebro. La mayor parte de las tierras bajas han sido ocupadas para la agricultura.

Cuadro 2. Uso del suelo en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Superficie | Extensión (km ²) | Porcentaje (%) |
|-------------|---------------------------------|-------------------|
| Continental | 453.94 | 100 |
| Agrícola | 169.25 | 37 |
| Pastizal | 141.25 | 31 |
| Matorral | 82.36 | 18 |
| Bosque | 21.2 | 4.7 |
| Urbana | 5.02 | 1.1 |
| Total | | 91.8 |

El municipio cuenta con 65 localidades y una población de 26 940 habitantes para 2010, se practican la agricultura tradicional y mecanizada. La mayor parte de la población productora posee terrenos sin riego en suelos poco profundos, los rendimientos son bajos y dedicada al autoconsumo. La emigración y falta de apoyos al pequeño productor están entre los principales problemas del sector rural.

Hipótesis

Si se realiza un estudio de caracterización de factores ambientales, sociales y económicos, entonces será posible identificar fortalezas y debilidades de los sistemas de producción agrícola con el fin formular propuestas que puedan mejorar la productividad y contribuir al mejoramiento de la sustentabilidad.

Justificación

El desarrollo sustentable se ha vuelto un término muy popular y difundido en la sociedad. Sin embargo, las interpretaciones de sustentabilidad son muchas y las acciones para hacerle operativa son difusas y poco claras. La agricultura es una de las actividades que más impacto tienen sobre el medio ambiente y base de la

sociedad actual. Es necesario fortalecerla para cubrir las necesidades alimenticias de la creciente población mexicana, sin comprometer la estabilidad del medio que la sostiene. Por lo tanto son esenciales estudios en los sistemas agrícolas para conocer los factores que la debilitan o fortalecen, ya sean de índole ambiental o social para poder ajustarlos al concepto de la “sustentabilidad”.

Objetivo general

Caracterizar factores ambientales, sociales y económicos de los sistemas de producción agrícola de Atotonilco el Grande y conjugarlos dentro de la concepción de sustentabilidad con el fin de establecer recomendaciones para mejorar los rendimientos y aumentar la eficiencia de esta práctica.

Objetivos particulares

- Caracterizar los sistemas de manejo agrícola de Atotonilco el Grande
- Conocer la productividad de los sistemas de manejo agrícola y si son capaces por si solos de sostener al productor y su familia.
- Cuantificar propiedades edáficas que influyen en la fertilidad en diferentes suelos del municipio.
- Describir perfiles de los suelos más comunes del municipio.
- Proponer alternativas con el fin de mejorar la productividad en los sistemas de manejo agrícola.

Material y métodos

El método para la elaboración de este trabajo consistió en los siguientes rubros.

- 1) Descripción de perfiles, muestreo y medición de variables edáficas.
- 2) Caracterización de los sistemas de manejo agrícola.
- 3) Identificar el tipo de sistema de manejo.
- 4) Generación de mapas de tipo y uso de suelo.
- 5) Caracterización Socioeconómica.

Descripción y muestreo de perfiles de suelo y análisis físico y químico de suelos

Se realizó la apertura de un perfil en cada tipo de suelo que se identificaron en el área de estudio, cada uno de los cuales fue georreferenciado con un GPS Maguellan Map 130. El perfil fue descrito morfológicamente con base en Cuanalo de la Cerda (1990) e identificado utilizando la clave de la WRB, versión 2007. Se tomaron muestras simples de cada uno de los horizontes genéticos encontrados.

Un segundo tipo de muestreo se realizó seleccionando los sitios en toda la superficie municipal de forma aleatoria. En cada sitio se tomaron muestras simples de las

profundidades 0-20 cm y 20-40 cm. Las muestras fueron etiquetadas y transportadas al Laboratorio de Restauración de Suelos de la FES Zaragoza para su pretratamiento y análisis.

Durante el pretratamiento, las muestras fueron molidas con mortero, extendidas sobre charolas de plástico, se separaron ramas, raíces y hojas y fueron secadas a temperatura ambiente. En seguida se tamizó el suelo mineral a través de una malla de acero inoxidable número 10, equivalente a 2mm de diámetro. Se almacenaron en recipientes de plástico para posteriormente proceder con el análisis físico y químico correspondiente, mismo que consistió en las siguientes determinaciones por los métodos que se indican:

- **Textura:** por el método del hidrómetro de Bouyoucos, basado en la ley de Stoke (Bouyoucos, 1962) que consiste en dos fases, la primera es la destrucción de la estructura del suelo mediante la oxidación de la materia orgánica con H_2O_2 y eliminación de los cationes floculantes a través de la adición de los agentes dispersantes oxalato de sodio y metafosfato de sodio; la segunda consiste en la separación de las partículas por agitación mecánica.
- **Color:** se midió en seco y en húmedo (a capacidad de campo) comparando con cartas de colores estándar de Munsell (Munsell, 1975).
- **Densidad aparente (DA):** (Jhonson, 1979) por el método del cilindro que se fundamenta en el conocimiento de la masa exacta de suelo que está contenida en un volumen conocido conservando su estructura y composición de manera que se altere lo menos posible el espacio poroso que en campo existe.
- **Contenido de humedad:** que se obtendrá al pesar 50g de suelo y secar en horno a $105^{\circ}C$ hasta peso constante y calcular el % de humedad por diferencia de peso.
- **Densidad real (DR):** por el método del picnómetro; se basa en el conocimiento del volumen de una masa conocida de sólidos por desplazamiento de un líquido (Jhonson, 1979).
- **pH:** por el método electrométrico en agua relación 1:2 (Jackson, 1964); que consiste en reposar 10g de suelo en 20 mL de agua, agitando cada 5 minutos, con lo cual los iones H^+ que están fácilmente disponibles van a pasar a la solución al lavar el suelo. Posteriormente se medirá el pH con un potenciómetro calibrado con dos soluciones amortiguadoras (pH 4 y pH 7).

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** por el método del versenato, *pH* 7 (Jackson, 1964) que se fundamenta en reemplazar los cationes intercambiables adicionando iones Ca^{2+} , eliminar el exceso de cloruros con alcohol etílico al 96%, y finalmente sustituir los iones Ca^{2+} por iones Na^+ que será filtrado y valorado con versenato.
- **Materia orgánica (MO):** por el método de Walckley-Black (1934) vía húmeda que se basa en la reducción del Cr: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ----> } \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{H}_2\text{O} + 3/2\text{O}_2$; una reacción parcial con un agente oxidante, considerando que la MO se comporta como un hidrato de carbono se tiene: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \text{ ----> } 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ y por último la valoración del exceso de oxidante con una sal ferrosa.
- **Conductividad eléctrica (CE):** muestras secas al horno a 120° llevadas a punto de saturación fueron filtradas a vacío y el extracto resultante medido con un conductímetro
- **Nitrógeno total:** por el método semimicroKjendhal modificado para incluir nitratos. Consiste en realizar una digestión de la muestra con $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ para posteriormente cuantificar por titulación con H_2SO_4 (IRENAT-Colegio de Posgraduados, 1993).
- **Fósforo disponible (P):** mediante el método de Bray y Kurt modificado (Olsen y Sommers, 1982) se realizó la cuantificación por análisis colorimétrico utilizando un espectrofotómetro.
- **Potasio (K):** por medio de digestión diácida con ácido sulfúrico y ácido clorhídrico proporción 2:1 y cuantificación por espectroscopia de absorción atómica.

Los resultados de las determinaciones de suelo fueron analizados de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT para los casos de pH, porcentaje de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno y fósforo. Para evaluar densidad aparente y real se citó a Rubio (2010), en color a Ovalles (2003), potasio tomado de Sierra (2001) y textura por el método de Bouyoucus.

Caracterización de los sistemas de manejo agrícola

Se hicieron recorridos a través del municipio realizando descripciones ecológicas y de las características de la producción agrícola, al mismo tiempo que se hizo descripción de perfiles y muestreo de suelos.

Se obtuvo información sobre el manejo de los terrenos por medio de entrevistas semiestructuradas a productores residentes. El contenido de estas entrevistas está

basado en el trabajo de Priego *et al.* (2009) para la evaluación de sustentabilidad de sistemas cacaoteros.

- ¿Por cuál medio obtuvo su parcela?
- ¿Cuál o cuáles son sus principales cultivos?
- ¿Lo asocia con algún otro cultivo o hace una rotación anual?
- ¿Posee animales? ¿Cuántos?
- ¿Cuál es la finalidad de la crianza de animales?
- ¿Cuántas horas de trabajo se invierten a la semana?
- ¿Su parcela es de riego o de temporal?
- ¿Cuál su principal fuente de agua?
- ¿Hace uso de abono, fertilizante químico o ninguno?
- ¿La semilla que utiliza es criolla o mejorada?
- ¿Cuál es el precio de la semilla?
- ¿Por qué medios controlan las plagas y malezas?
- ¿Tiene algún cultivo de cobertura?
- ¿Cómo se enfrentan a las sequías, incendios y otros fenómenos naturales que comprometen la siembra?
- ¿Recibe algún tipo de apoyo por parte de la presidencia municipal o un programa gubernamental?
- ¿Cuál es el fin de la producción?
- ¿se dedica a algún otro tipo de actividad además de la agricultura?
- ¿Qué miembro de la familia es el encargado de la toma de decisiones?
- ¿Qué tanto se involucra la mujer en la toma de decisiones y en las labores agrícolas?
- ¿se encuentra dentro de alguna sociedad cooperativa o es productor independiente?
- ¿Cuántos miembros de la familia se dedican a las labores agrícolas?
- ¿Tiene familiares que hayan migrado a otras regiones?
- ¿Cuál es el nivel de estudios?
- ¿Se reciben asesorías o capacitaciones?

Además se hicieron cuestionamientos sobre costos operacionales y beneficios netos.

Identificar el tipo de sistema de manejo agrícola

Una vez caracterizados los sistemas de producción agrícola, se identificaron basados en Bohlen (2009). Se consideraron elementos como la presencia de infraestructura de riego, empleo de fertilizantes químicos y tracción animal o mecanizada (cuadro 3).

Cuadro 3. Diferencias entre sistemas de producción tradicional y convencional

| Sistema Tradicional | Sistema convencional |
|-----------------------|-----------------------------|
| Uso de abono orgánico | Uso de fertilizante químico |

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Semilla sin modificar | Semilla modificada |
| Trabajo manual o con animales | Trabajo mecanizado |
| Policultivo | Monocultivo |

Elaboración de mapas de tipo y uso de suelo.

Durante los recorridos se registró los tipos de suelo y las formas de manejo de éste recurso natural, así como la ubicación de las localidades y sitios de muestreo.

Usando el Sistema de información Geográfica Qgis se elaboraron los mapas de ubicación de puntos de verificación, ubicación de puntos de muestreo, tipo de suelo y su uso. Se incluyó además el registro de los flujos de agua más importantes y curvas de nivel.

Relación costo beneficio por sistema de producción.

Las entrevistas permitieron obtener datos sobre costos y beneficios, se calculó la relación costo beneficio y se comparó con el ingreso mínimo mensual por salarios mínimos y se definió la solvencia económica de la producción agrícola y su capacidad como fuente de sustento familiar.

Este análisis se complementó con el cálculo de los siguientes parámetros:

Evaluación de la densidad de siembra: # de plantas/ m²

Se evaluó la densidad de siembra: para ello se cuantificó la cantidad de plantas en 10 m de 10 surcos seleccionados al azar en cada una de 15 parcelas, en cada caso se cuantificó el número de surcos y su longitud y con esta información se calculó el número total de plantas.

Determinación de cantidad de mazorcas por planta: Se determinó por conteo de éstas en cincuenta plantas elegidas al azar en cada una de diez parcelas

Determinación de grano por mazorca: Se hizo por conteo y promedio de su número en una muestra de 40 mazorcas elegidas al azar.

Precios del maíz y tipo de venta: obtenido por medio de entrevistas en el tianguis local de Atotonilco el Grande

Definición de costos de operación: obtenido por medio de entrevistas a productores visitados en su comunidad y en el tianguis de Atotonilco el Grande

Estimación de los rendimientos por hectárea: a través de rendimientos reportados por los productores se estimaron rendimientos promedio para cada sistema productivo.

Se evaluó únicamente el rendimiento de grano por hectárea, dado que es este el producto de interés económico y representa un ingreso al productor y su familia, el forraje difícilmente es puesto a la venta y más bien se destina para la alimentación del ganado que tiene la familia, muy ocasionalmente es utilizado como cobertura en las parcelas como medida de conservación.

Se consideraron dos ciclos de producción:

- El primero incluye todos los costos de operación
- El segundo incluye todos los costos de operación excepto las semillas.

Considerando que para el segundo ciclo de producción se vuelve innecesaria la adquisición de nueva semilla dado a que se puede adquirir de la cosecha se deprecia esta del primer ciclo de producción con la siguiente relación:

$$60,000/GM/V=MH$$

GM=cantidad de granos por mazorca.

MH=mazorcas necesaria para cultivar una ha.

V=viabilidad.

Después la relación

$$MH/Mkg=X$$

Mkg= mazorcas por kilogramo

X= kg que contienen 60 000 granos.

Con esto podemos determinar cuánto producto del primer ciclo se destina como semilla para siguiente ciclo y sustraérselo al rendimiento final.

Se realizaron estimaciones para los tres formatos de venta presentes en el tiangis local: por unidad, por kilogramo y por mazorca y se presentan los beneficios brutos y netos para cada formato.

Por kg: $Ren(\$)=B$

Por unidad: $Ren(Mkg)(\$u)= B$

Por Docena: $(Ren(Mkg/12))\$d=B$

Donde

Ren= Rendimiento del sistema.

$\$$ =precio por kg

$\$u$ = precio por unidad

$\$d$ = precio por docena

B= beneficios brutos

Y para calcular beneficios netos se calcula

$B-CO=N$

Donde CO= costos operacionales totales

N beneficios netos.

Resultados

Descripción de perfiles y muestreo y medición de variables edáficas.

Un total de 23 sitios fueron muestreados, de estas 13 corresponden a suelos agrícolas donde se formaron muestras compuestas a partir de entre 12 y 20 submuestras simples, ocho a suelos agrícolas donde se tomaron muestras simples y dos donde el muestreo se realizó en suelos de conservación, con vegetación silvestre con un grado alto de conservación. En el Cuadro 4 se muestra la ubicación de los puntos de muestreo seleccionados.

Cuadro 4. Ubicación de sitios de muestreo de suelo en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo

| Nombre de la Localidad | Tipo de suelo | Latitud norte | Longitud oeste | Altitud (m) |
|------------------------|---------------|---------------|----------------|-------------|
| Cerro colorado ð | Leptosol | 20° 40' 12 | 98° 75' 00 | 1955 |
| Santa Rita Ø | Leptosol | 20° 24' 14.4 | 98° 33' 28.80 | 1886 |
| Los Paredones Ø | Leptosol | 20° 25' 26.4 | 98° 34' 47.9 | 1992 |
| El Xhate © | Leptosol | 20. 24' 46.8 | 98° 45' 54 | 2031 |
| La Nogalera © | Leptosol | 20° 23' 20.4 | 98° 39' 10.8 | 1459 |
| San Nicolas Xate © | Leptosol | 20° 22' 26.4 | 98° 45' 50.39 | 2028 |
| Doñana 01 © | Vertisol | 20° 18' 54 | 98° 48 25.2 | 1997 |
| Doñana 02 Ø | Vertisol | 20° 18' 57.6 | 98° 47' 24 | 2005 |

| | | | | |
|---------------------------|----------|---------------|----------------|------|
| La Estancia © | Vertisol | 20° 17' 52.8 | 98° 41' 16.8 | 2093 |
| Zoquital © | Vertisol | 20° 22' 19.2 | 98° 43' 51.59 | 1977 |
| Los Sabinos © | Vertisol | 20° 18' 14.4 | 98° 39' 25.19 | 2064 |
| Vertisoles ð | Vertisol | 20° 19' 48 | 98° 42' 07 | 2002 |
| San Felipe y Anexas © | Vertisol | 20° 22' 51.6 | 98° 33' 7.2 | 2039 |
| El Ocote © | Luvisol | 20° 19' 26.4 | 98° 36' 50.4 | 1872 |
| Invernadero © | Luvisol | 20° 19' 51.6 | 98° 36' 26.279 | 1506 |
| Invernadero © | Luvisol | 20° 19' 51.6 | 98° 36' 26.279 | 1506 |
| Invernadero © | Luvisol | 20° 19' 51.6 | 98° 36' 26.279 | 1506 |
| Agua Limpia Ø | Luvisool | 20° 14' 38.4 | 98° 38' 27.6 | 2295 |
| Límite con Omitlan Ø | Luvisol | 20° 13' 30 | 98° 39' 12 | 2232 |
| Luvisol en conservación Ø | Luvisol | 20° 15' 10.8 | 98° 37' 58.96 | 2296 |
| La Puebla © | Luvisol | 20° 16' 15.6 | 98° 39' 50.4 | 2143 |
| Santa María Amajac Ø | Molisol | 20° 14' 20.4° | 98° 44' 5.97 | 2007 |
| Santo Niño ð | Regolsol | 20° 19' 44.4 | 98° 49' 4.79 | 1471 |

© Localidades donde se formaron muestras compuestas, Ø localidades donde las muestras analizadas son simples, ð Localidades donde las muestras fueron tomadas de perfiles.

Descripción de perfiles.

Se describieron 6 perfiles de los tipos de suelo Leptosol réncico, Leptosol lítico, Vertisol, Mollisol, Luvisol y Regolsol. Del cuadro 5 al 16 se presenta su caracterización morfológica y descripción ecológica.

Cuadro 5. Descripción ecológica del Leptosol réncico de Cerro Colorado, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo

| Localidad | Cerro Colorado |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Ubicación | 20° 25' 19.7 N 98° 35' 31.7 W |
| Altitud | 1886 |
| Fecha de descripción | 19/octubre/2012 |
| Pendiente | 5% |
| Drenaje | Bien drenado |
| Material original | Sedimentario calcáreo |
| Origen del suelo | <i>In situ</i> |
| Permeabilidad | Rápida |
| Erosión | Moderada |

| | |
|------------------------------|---|
| Uso actual | Forestal y pecuario limitado |
| Vegetación | Matorral xerófilo de <i>Opuntia sp</i> con <i>Acacia farnesiana</i> , <i>Karwinskia humboltiana</i> , <i>Cilindropuntia imbricata</i> , <i>Mamillaria compresca</i> , <i>Prosopis levigata</i> , <i>Argemonis sp</i> , <i>Mimosa sp</i> . |
| Microrrelieve | Ondulado |
| Superficie del suelo | Cubierta por gramíneas y arbustos de huizache |
| Tipo de suelo | Leptosol rénzico |
| Horizonte diagnóstico | Mólico |

Cuadro 6. Caracterización morfológica del Leptosol rénzico de Cerro Colorado, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|------------------|-------------------------|---|
| A | 0-40 | Color negro, pedregosidad menor al 1%, piedras pequeñas subangulares menores a 2 cm de diámetro, estructura poliédrica, angular y subangular. Textura Arcillosa .Porosidad: macroporos entre los agregados y dentro de ellos, tubulares formados por raíces o lombrices de tierra. Buen drenaje y permeabilidad rápida. |

| | | |
|-----------|--------------|---|
| | | Raíces más de 70 por dm ² finas de un diámetro mayor a 1 mm. |
| C1 | 40-50 | Color pardo, se mezclan los materiales de A con C. estructura poliédrica angular, firme textura migajón limo arenoso raíces comunes, finas a muy finas no mayores a 1 mm 50 a 70 por dm ² el suelo está bien drenado de permeabilidad rápida. Hay evidencia de translocación de materiales de A debida a las grietas cuando el suelo está seco. |
| C2 | 50-60 | Color claro a café amarillento estructura levemente desarrollada, poliédrica angular agregados desmenuzados con fuerza moderada – hay evidencia de acumulación de carbonato de calcio. Pedregosidad menor al 5% piedras pequeñas y subangulares. Macro y microporos tubulares por raíces de 1 mm de diámetro entre y dentro de los agregados. Raíces pocas de muy finas a gruesas de 5 mm. Permeabilidad rápida y bien drenado. |

Cuadro 7. Descripción ecológica del Leptosol lítico a 1 km de Loma del Zapote, municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Localidad | Loma del Zapote |
|-----------------------------|---|
| Ubicación | 20° 19' 15.6" 98° 34' 4.8" |
| Altitud | 1836 |
| Fecha de descripción | 12/octubre/2015 |
| Pendiente | 5 |
| Drenaje | Sitio donador |
| Material original | Roca basáltica |
| Origen del suelo | <i>In situ</i> |
| Permeabilidad | Rápida |
| Erosión | Moderada |
| Uso actual | Conservación |
| Vegetación | Bosque de enebro |

| | |
|------------------------------|---|
| Microrrelieve | Ondulado |
| Superficie del suelo | Cubierto por dosel de enebros en un 40% |
| Tipo de suelo | Leptosol lítico |
| Horizonte diagnóstico | Lítico |

Cuadro 8. Caracterización morfológica del Leptosol lítico a 1 km de Loma del Zapote municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|------------------|-------------------------|---|
| A | 0-10 | Seco, transición entre 2 y 4 cm ondulada, textura migajón arcillosa a arcillosa, pedregosidad 20 a 30% piedras grandes de hasta 30 cm de diámetro angulares y subangulares, estructura poliédrica subangular macro y microporos abundantes. Microporos entre y dentro de los agregados, intersticiales y tubulares, oblicuos, raíces abundantes más de 200 por 3 dm ² de finas a gruesas las gruesas |

| | | |
|----------|--------------|---|
| | | escasas con diámetros de 4 mm. Suelo bien drenado y permeabilidad rápida |
| C | 10-40 | Muy ligeramente húmedo con una transición irregular con la roca. Con una pedregosidad de un 40 a 50%, piedras grandes de hasta 40 cm de diámetro angulares y subangulares estructura poliédrica subangular. Se observan grietas verticales de medio cm de ancho. Raíces de finas a gruesas, las gruesas son escasas de hasta 7 mm de diámetro. Macro y micro poros abundantes, macroporos entre y dentro de los agregados intersticiales y tubulares. es visible el material parental poco alterado y un 30% del volumen suelo bien drenado y permeabilidad moderada a rápida. |

Cuadro 9. Descripción ecológica del Mollisol de Santa María Amajac, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Localidad | Santa María Amajac |
|-----------------------------|--|
| Ubicación | 20° 19' 16.709" N 98° 44' 26.872" W |
| Altitud | 1759 |
| Fecha de descripción | 19/ octubre/ 2012 |
| Pendiente | 3% |
| Drenaje | Bueno |
| Material original | Roca caliza |
| Origen del suelo | Aluvial coluvial |
| Permeabilidad | Rápida |
| Erosión | imperceptible |
| Uso actual | Agrícola |
| Vegetación | Matorral xerófilo |
| Microrrelieve | Plano Pedregoso |

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie del suelo | Cubierta por cultivo de maiz |
| Tipo de suelo | Molisol |
| Horizonte diagnóstico | Mólico |

Cuadro 10. Caracterización morfológica del Mollisol de Santa Maria Amajac, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|------------------|-------------------------|--|
| A1 | 0-20 | Horizonte seco textura arcillosa, pedregosidad del 5 al 10% piedras pequeñas a medianas de hasta 40 cm angulares a subangulares estructura poliédrica a angular, macro y microporos tubulares e intersticiales. Raíces abundantes de gruesas a delgadas, suelo bien drenado y de permeabilidad rápida. |
| A2 | 20-70 | suelo seco, textura arcillosa pedregosidad del 20 al 30% piedras grandes de hasta 50 cm de diámetro angulares y subangulares, estructura poliédrica, agregados pequeños macro y micro poros, macroporos |

| | | |
|----------|--|---|
| | | entre y dentro de los agregados, pocas raíces pequeñas a gruesas de 4 mm a 2 cm. Pedregosidad del 40% .Suelo bien drenado y de permeabilidad rápida. |
| C | | Seco de color claro con intrusiones de carbonato de calcio, alta pedregosidad del 30% rocas angulares a subangulares y planas. Macro y microporos. Muy pocas raíces, gruesas de más de 2 cm de diámetro. Mal drenaje y permeabilidad lenta. |

Cuadro 11. Descripción ecológica del Regosol de Camino a Santo Niño, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Localidad | Camino a Santo Niño |
|------------------------------|---------------------------------|
| Ubicación | 20° 19' 44.432 98° 49' 4.793 |
| Altitud | 1471 |
| Fecha de descripción | 19/ octubre/ 2012 |
| Pendiente | 8-15% |
| Drenaje | Sitio donador |
| Material original | Calcáreo |
| Origen del suelo | Coluvial |
| Permeabilidad | Muy rápida |
| Erosión | Moderada |
| Uso actual | Forestal- agrícola |
| Vegetación | Bosque caducifolio |
| Microrrelieve | Ondulado |
| Superficie del suelo | Cubierta por árboles y arbustos |
| Tipo de suelo | Regosol |
| Horizonte diagnóstico | Ócrico |

Cuadro 12. Caracterización morfológica del Regosol en Camino a Santo Niño, Atotonilco el Grande, Hidalgo

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|-----------|------------------|---|
| A | 20-30 | Seco arenoso migajonoso, pedregosidad de más del 20%, piedras pequeñas a medianas de hasta 20 cm de diámetro angulares estructura levemente desarrollada tendiente a ser gruesa y raíces abundantes de hasta 2 cm de grosor. Macro y micro poros horizonte bien drenado y de permeabilidad muy rápida. 100 a 150 raíces por dm ² |
| C | 30-200 | Seco areno-migajonoso pedregosidad del 65% piedras de hasta 30 cm, dominan desde gravas hasta piedras de 10 cm de diámetro angulares, pocas raíces finas a gruesas de hasta 3 cm de diámetro. Macro y microporos, algunos tubulares, bien drenado y permeabilidad rápida. Menos de 10 raíces por dm ² . |

Cuadro 13. Descripción ecológica del Luvisol de la Carretera Huejutla de Reyes Pachuca, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| | |
|------------------------------|--|
| Localidad | Carretera Huejutla de Reyes Pachuca |
| Ubicación | 20° 15' 8.125 N 98° 38' 5.791 |
| Altitud | 2303 |
| Fecha de descripción | 12/octubre/2012 |
| Pendiente | 1% |
| Drenaje | adecuado |
| Material original | Roca basáltica |
| Origen del suelo | <i>In situ</i> |
| Permeabilidad | Lenta |
| Erosión | Moderada |
| Uso actual | Agrícola y pecuario limitado |
| Vegetación | Bosque de <i>Quercus</i> |
| Microrrelieve | Ondulado |
| Superficie del suelo | Cubierta por cultivo |
| Tipo de suelo | Luvisol |
| Horizonte diagnóstico | Úmbrico |

Cuadro 14. Caracterización morfológica del Luvisol de la carretera Huejutla de Reyes Pachuca, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|------------------|-------------------------|--|
| A1 | 0-20 | Superficie cubierta totalmente por vegetación herbácea límite con A2 ondulado en 2 cm o menos. Suelo seco, no pedregoso Abundantes raíces más de 1000 por 3dm ² de gruesas de 3 mm a finas. Estructura poliédrica subangular con macro y microporos. Abundan macroporos tubulares oblicuos y verticales diámetros de hasta 3 mm. Suelo bien drenado permeabilidad rápida textura migajosa arcillosa. |
| A2 | 20-50 | Límite ondulado con A3 en 3 cm no pedregoso, abundantes raíces gruesas de hasta 2 mm, más de 100 por 3 dm ³ . Estructura poliédrica angular con macro y microporos entre y dentro de los agregados, macroporos hasta 10 por dm ² . Tubulares hechos por raíces, oblicuos y verticales con diámetros de hasta 3 mm, más frecuentes de 2 mm, textura migajón arcillosa. Suelo bien drenado con permeabilidad rápida. |

| | | |
|-----------|----------------|--|
| A3 | 50-70 | Límite ondulado con B no pedregoso, seco, estructura poliédrica angular y subangular. Abundantes raíces, finas de hasta 1 mm de diámetro (entre 60 y 70 por 3 dm ³). Macro y microporos entre y dentro de los agregados, macroporos de hasta 2 mm de diámetro 3 a 5 por dm ² empieza a aparecer cutanes de óxido de magnesio muy localizados y tenues. Bien drenado y permeabilidad moderada. |
| B1 | 70-140 | Suelo seco, estructura poliédrica angular, muy duro cuando seco. Abundantes cutanes de óxido de manganeso, macro y microporos. Macroporos entre los agregados pocos dentro de los agregados 1 por 3 dm ³ pero alcanzan un diámetro de hasta 4 mm. Permeabilidad lenta y drenaje moderado. |
| C | 140-190 | Suelo seco, estructura poliédrica subangular, color más claro que en los horizontes superiores. Concreciones pequeñas de sulfato de calcio textura migajón arcillosa. Muy pocas raíces menos de 5 por dm ³ finas. Macroporosidad presente por agrietamiento. Permeabilidad moderada y bien drenada. |

Cuadro 15. Descripción ecológica del Vertisol de San José Zoquital, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Localidad | San Jose Zoquital |
|------------------------------|----------------------------------|
| Ubicación | 20° 19' 48 98° 42' 07 |
| Altitud | 2002 |
| Fecha de descripción | 12/octubre/2012 |
| Pendiente | 2.5% |
| Drenaje | Bueno |
| Material original | Roca caliza |
| Origen del suelo | <i>In situ</i> |
| Permeabilidad | Rápida |
| Erosión | Imperceptible |
| Uso actual | Agrícola y pecuario limitado |
| Vegetación | Bosque espinó |
| Microrrelieve | Ondulado |
| Superficie del suelo | Cubierta en un 85% por herbáceas |
| Tipo de suelo | Vertisol |
| Horizonte diagnóstico | Mólico |

Cuadro 16. Caracterización morfológica de Vertisol de San José Zoquital, Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|------------------|-------------------------|--|
| Ap | 0-30 | Húmedo no pedregoso con límite ondulado de 3 cm hacia A2 color negro textura arcillosa macro y microporos. Microporos tubulares 5 por dm ³ de hasta 2 cm de diámetro. Raíces comunes y finas entre 50 por 70 cm por dm ³ suelo bien drenado y de permeabilidad moderada a rápida. |
| A2 | 30-70 | 40 cm arcilloso húmedo, estructura poliédrica angular con macroporos y microporos, tubulares, pocos 3 por dm ³ originados por las raíces en la superficie, de los agregados hay caras de compresión piedras pequeñas., 1% de 2 cm de diámetro. Suelo drenado y de permeabilidad lenta, textura arcillosa. Raíces pocas y finas. |
| A3 | 70-95 | Escasos nódulos de carbonato de calcio, en la transición al horizonte B ondulado hasta 7 cm. Arcilloso, húmedo, con pocas raíces finas y muy pocas gruesas de hasta 3 cm de diámetro no pedregoso, escasos nódulos de carbonato de calcio bien drenado y permeabilidad lenta. Estructura poliédrica angular, suelo arcilloso. |
| B | 95-150 | Arcilloso bien estructurado, en bloques, todos ellos con evidentes |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>caras de deslizamientos en todo el agregado. Estructura de bloques angular y subangular con pocas raíces finas menos de 10 por dm^3 hasta gruesas, muy pocas de hasta 2 cm. Permeabilidad lenta y bien drenado.</p> |
|--|--|--|

Lo sitios de descripción se seleccionaron por la presencia de cortes ya presentes o por accesibilidad para hacer el perfil. Las pendientes fueron regularmente bajas a excepción del perfil de Regosol, que se realizó en la loma de un cerro. La pedregosidad resulta ser baja, teniendo valores elevados en leptosoles líticos y regosoles y no pedregosos los luvisoles; tiende a aumentar conforme más profundo se cava. No se registraron procesos importantes de erosión, los puntos de mayor erosión en el municipio se localizan sobre pendientes más pronunciadas.

La permeabilidad del suelo es rápida, lo que sugiere texturas francas a arenosas. En vertisoles dado el alto porcentaje de fracción textural arcillosa la permeabilidad es lenta.

El uso de suelo es variado, que va de forestal, conservación, cultivo de gramíneas o como paso de ganado.

Análisis físico y químico de los suelos de Atotonilco el Grande, Hidalgo

Los análisis de laboratorio revelaron resultados sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Se representaron por tipo de suelo analizado con las propiedades físicas y químicas por separado entre los cuadros 17 al 26.

Leptosol

Los suelos leptosoles son someros y pedregosos con colores que van del marrón al negro, pH de ligeramente alcalino a ligeramente ácidos, media retención de humedad, texturas arcillosas, bajos contenidos de materia orgánica, no salinos, y con alta retención de nutrientes (Cuadro 17 y 18), densidad aparente y real que permiten una buena permeabilidad y drenaje del suelo.

Cuadro 17. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos leptosoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | Color en seco | Color en húmedo | D. R. (gcm ⁻¹) | D. A. (gcm ⁻¹) | E.P. (%) | R.H. (%) | Arcilla % | Limo % | Arena % | Clasificación textural |
|----------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|----------|-----------|--------|---------|------------------------|
| Cerro Colorado | H. A. | 5YR 3/1 Gris muy oscuro | 5 YR 3/2 Gris muy oscuro | 2.80 | 1.00 | 64.19 | 42.00 | 40.97 | 12.52 | 46.51 | Franco arcilloso |
| | H.C. | 5 YR 4/1 gris muy oscuro | 5 YR 2.5/1 Gris muy oscuro | 2.23 | 1.06 | 52.46 | 50.43 | 37.78 | 15.38 | 46.84 | Franco arcilloso |
| Desviación | 0-20 | 10 YR 5/2 Marrón grisáceo | 10 YR 2/2 Negro | 2.25 | 1.00 | 55.55 | 37.67 | 29.23 | 28.38 | 42.39 | Franco |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| | 20-40 | 10 YR 5/1 Marrón grisáceo | 10 YR 2/2 Negro | 2.01 | 1.05 | 47.76 | 36.19 | 17.12 | 59.57 | 23.31 | Franco |
| Los Paredones | 0-20 | 10 YR 6/2 Marrón Pálido | 10 YR 3/1 Gris oscuro | 2.13 | 1.15 | 46.00 | 32.06 | 38.62 | 45.06 | 16.32 | Arcillo limoso |
| | 20-40 | 10 YR 6/2 Marrón Pálido | 10 YR 3/1 Gris oscuro | 2.04 | 1.129 | 44.65 | 30.22 | 46.27 | 35.15 | 18.68 | Arcillo limoso |
| el Xhite | 0-20 | 10 YR 4/1 Gris muy oscuro | 10 YR 3/1 Negro | 2.73 | 1.04 | 61.78 | 64.25 | 60.32 | 18.56 | 21.12 | Arcilloso |
| | 20-40 | 5 YR 3/1 gris muy oscuro | 5 YR 2.5/1 Negro | 2.66 | 0.99 | 62.58 | 60.4 | 60.32 | 18.56 | 21.12 | Arcilloso |
| San Felipe y Anexas | 0-20 | 10 YR 5/2 Marrón grisáceo | 10 YR 3/2 café | 2.49 | 1.15 | 43.61 | 52.27 | 29.60 | 45.84 | 24.56 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 10 YR 5/2 Marrón grisáceo | 10 YR 3/1 Gris muy oscuro | 2.10 | 1.15 | 45.23 | 48.31 | 31.6 | 33.84 | 34.56 | Franco arcilloso |
| La Nogalera | 0-20 | 10 YR 6/2 | 10 YR 4/3 Café | 2.38 | 1.01 | 57.73 | 40.76 | 7.96 | 40.76 | 59.84 | Franco arenoso |

| | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------------------------|---------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----------------|
| | | Marrón Pálido | | | | | | | | | |
| | 20-40 | 10 YR 6/3 Marrón pálido | 10 YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro | 2.40 | 1.02 | 57.7 | 38.28 | 8.88 | 30.28 | 60.84 | Franco arenoso |

Cuadro 18. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos leptosoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | pH | M. O. (%) | CE (dSm ⁻¹) | CIC (me100g ⁻¹) | Nitrógeno (mgkg ⁻¹) | Fósforo (mgkg ⁻¹) | Potasio (mgkg ⁻¹) |
|---------------------|------------------|------|-----------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Cerro Colorado | H. A. | 6.02 | 5.86 | 0.07 | 54.51 | 87.92 | 6.16 | 0.44 |
| | H.C. | 6.38 | 2.96 | 0.10 | 59.85 | 96.74 | 3.28 | 0.37 |
| Desviación | 0-20 | 7.45 | 2.74 | 0.23 | 53.54 | 13.18 | 1.29 | 0.29 |
| | 20-40 | 7.35 | 2.74 | 0.04 | 55.56 | 2.63 | 0.82 | 0.29 |
| Los Paredones | 0-20 | 7.00 | 2.16 | 0.07 | 34.79 | 10.96 | 1.73 | 0.40 |
| | 20-40 | 6.33 | 1.78 | 0.01 | 34.16 | 4.36 | 0.52 | 0.34 |
| el Xhite | 0-20 | 7.70 | 1.71 | 0.38 | 22.40 | 28.5 | 11.51 | 0.22 |
| | 20-40 | 7.70 | 1.88 | 0.71 | 34.80 | 32.11 | 9.38 | 0.43 |
| San Felipe y Anexas | 0-20 | 6.30 | 2.22 | 0.47 | 23.20 | 22.80 | 4.33 | 0.35 |
| | 20-40 | 6.70 | 2.56 | 0.29 | 24.80 | 38.20 | 10.36 | 0.38 |
| La Nogalera | 0-20 | 7.40 | 1.88 | 0.35 | 16.00 | 28.45 | 86.75 | 0.28 |

| | | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| | 20-40 | 8.30 | 1.03 | 0.50 | 14.40 | 34.20 | 41.87 | 0.42 |
|--|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|

Vertisoles

Estos son suelos de colores oscuros, sus densidades que no limitan el crecimiento vegetal, texturas arcillosas, la mayoría con muy buena retención de nutrimentos, pH que va de ácido a alcalinos, altos contenidos de materia orgánica y de nutrimentos. No tienen problemas de salinidad.

Los resultados del análisis de las propiedades físicas de los vertisoles, se muestran en el cuadro 19, mientras que las químicas en el cuadro 20.

Cuadro 19. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos vertisoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | Color en seco | Color en húmedo | DR (g cm ⁻¹) | DA (g cm ⁻¹) | E.P. (%) | R.H. (%) | Arcilla % | Limo % | Arena % | Clasificación textural |
|-------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------|-----------|--------|---------|------------------------|
| Doñana 01 | 0-20 | 5 Y 5/1 Gris oscuro | 5Y 2.5/1 Gris muy oscuro | 1.60 | 1.08 | 32.50 | 51.40 | 42.32 | 19.36 | 38.32 | Arcilloso |
| | 20-40 | 5Y 4/1 Gris Oscuro | 5 Y 2.5/1 Gris muy oscuro | 1.70 | 0.95 | 44.11 | 45.72 | 35.20 | 25.04 | 39.76 | Franco arcilloso |
| Doñana 02 | 0-20 | 10 YR 3/1 Negro | 10 YR 3/1 Negro | 1.74 | 1.09 | 37.35 | 35.62 | 57.46 | 24.28 | 18.26 | Arcilloso |
| | 20-40 | 10 YR 3/1 Negro | 10 YR 3/1 Negro | 1.92 | 1.00 | 47.91 | 43.5 | 59.28 | 24.30 | 16.42 | Arcilloso |
| La Estancia | 0-20 | 7.5 YR 4/1 Gris oscuro | 7.5 YR 3/1 Gris muy oscuro | 2.37 | 1.13 | 52.32 | 46.12 | 37.44 | 34.00 | 28.56 | Franco arcilloso |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| | 20-40 | 10 YR 4/1 Gris muy oscuro | 10 YR 3/1 Negro | 2.32 | 1.06 | 54.31 | 37.04 | 41.83 | 27.56 | 31.06 | Franco Arenoso |
| Zoquital | 0-20 | 10 YR 3/1 Gris muy oscuro | 10 YR 2/1 Negro | 2.25 | 1.08 | 52 | 63.12 | 50.32 | 21.28 | 28.44 | Arcilloso |
| | 20-40 | 5 YR 4/1 Negro | 5 YR 2.5/1 Negro | 1.99 | 1.01 | 45.78 | 68.26 | 56.32 | 9.63 | 34.05 | Arcilloso |
| Los Sabinos | 0-20 | 10 YR 4/4 Amarillento oscuro marrón | 10 YR 3/4 Amarillento oscuro marrón | 2.37 | 1.19 | 49.78 | 32.84 | 42.32 | 26.56 | 31.12 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 7.5 YR 4/4 Café | 7.5 YR 2.5/3 café muy oscuro | 2.49 | 1.19 | 52.2 | 24.68 | 42.52 | 30.08 | 27.4 | Franco Arcilloso |
| San Felipe y Anexas | 0-20 | 10 YR 5/2 Marrón grisaceo | 10 YR 3/2 café | 2.49 | 1.15 | 43.61 | 52.27 | 29.61 | 45.83 | 24.56 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 10 YR 5/2 Marrón grisaceo | 10 YR 3/1 Gris muy oscuro | 2.10 | 1.15 | 45.23 | 48.31 | 31.66 | 33.82 | 34.52 | Franco arcilloso |
| Vertisol ap | 0-30 | 2.5 YR 4/0 Negro | 2.5 YR 2/0 Negro | 1.64 | 1.16 | 29.26 | 48.43 | 50.80 | 42.19 | 7.01 | Arcilloso |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|------------|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Vertisol A2 | 30-70 | 2.5 YR 4/0 | 2.5 YR 2/0 | 1.69 | 1.08 | 36.00 | 52.25 | 56.71 | 26.38 | 16.91 | Arcilloso |
| Vertisol A3 | 70-95 | 2.5 YR 4/0 | 2.5 YR 2/0 | 1.67 | 1.03 | 38.32 | 47.79 | 61.25 | 26.23 | 12.52 | Arcilloso |
| Vertisol B | 95-140 | 2.5 YR 4/0 | 2.5 YR 2/0 | 1.88 | 1.01 | 46.27 | 41.84 | 56.74 | 32.88 | 10.38 | Arcilloso |

Cuadro 20. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos vertisoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | pH | M. O. (%) | CE (dSm ⁻¹) | CIC (me100g ⁻¹) | Nitrógeno (mg kg ⁻¹) | Fosforo (mg kg ⁻¹) | Potasio (mg kg ⁻¹) |
|---------------------|------------------|------|-----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Doñana 01 | 0-20 | 5.50 | 1.82 | 0.24 | 60.39 | 46.63 | 4.46 | 0.36 |
| | 20-40 | 5.40 | 2.25 | 0.26 | 60.35 | 17.45 | 4.45 | 0.42 |
| Doñana 02 | 0-20 | 7.87 | 1.31 | 0.26 | 87.17 | 8.79 | 2.42 | 0.40 |
| | 20-40 | 7.84 | 1.45 | 0.28 | 91.95 | 4.32 | 1.03 | 0.22 |
| La Estancia | 0-20 | 7.60 | 2.05 | 0.51 | 18.80 | 70.80 | 7.10 | 0.31 |
| | 20-40 | 8.30 | 1.71 | 0.28 | 34.02 | 80.95 | 6.23 | 0.32 |
| Zoquital | 0-20 | 7.70 | 0.68 | 0.52 | 38.00 | 36.44 | 9.06 | 0.31 |
| | 20-40 | 7.70 | 0.86 | 0.29 | 40.00 | 34.20 | 4.16 | 0.38 |
| Los Sabinos | 0-20 | 6.50 | 0.69 | 0.47 | 24.40 | 28.50 | 12.98 | 0.19 |
| | 20-40 | 5.60 | 1.03 | 0.19 | 24.40 | 34.20 | 15.75 | 0.21 |
| San Felipe y Anexas | 0-20 | 6.30 | 2.22 | 0.47 | 23.2 | 22.80 | 4.33 | 0.35 |
| | 20-40 | 6.70 | 2.56 | 0.29 | 24.81 | 38.20 | 10.36 | 0.38 |
| Vertisol ap | 0-30 | 8.00 | 3.02 | 0.13 | 61.67 | 7.03 | 3.85 | 0.30 |
| Vertisol A2 | 30-70 | 8.02 | 3.16 | 0.54 | 56.55 | 19.35 | 3.36 | 0.20 |
| Vertisol A3 | 70-95 | 8.02 | 3.88 | 0.38 | 61.67 | 6.48 | 3.67 | 0.16 |
| Vertisol B | 95-140 | 8.03 | 3.00 | 0.41 | 56.05 | 6.62 | 3.67 | 0.14 |

Mollisoles

Los mollisoles presentan propiedades físicas y químicas (cuadros 21 y 22) que informan que se trata de suelos grises, cuyas características físicas permiten un buen desarrollo vegetal, textura franca, pHs ligeramente alcalinos, altos contenidos en materia orgánica, sin problemas de salinidad, y alto contenido y retención de nutrientes.

Cuadro 21. Resultados del análisis de propiedades físicas de suelos mollisoles en Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | Color en seco | Color en húmedo | D.R (gcm ⁻¹) | D.A. (gcm ⁻¹) | E.P. (%) | R.H. (%) | Arcilla % | Limo % | Arena % | Clasificación textural |
|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------|----------|-----------|--------|---------|------------------------|
| Amajac | 0-20 | 10 YR 6/1 Gris claro | 10 YR 4/1 Gris oscuro | 1.79 | 0.93 | 48.04 | 48.69 | 38.67 | 36.42 | 24.91 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 10 YR 7/1 Gris claro | 10 YR 5/1 Gris oscuro | 2.00 | 1.01 | 49.50 | 49.54 | 39.24 | 38.87 | 21.89 | Franco arcilloso |

Cuadro 22. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos mollisoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | pH | M. O. (%) | CE (dS m ⁻¹) | CIC (me 100g ⁻¹) | Nitrógeno (mg kg ⁻¹) | Fosforo (mg kg ⁻¹) | Potasio (mg kg ⁻¹) |
|-----------|------------------|------|-----------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Amajac | 0-20 | 8.02 | 4.35 | 0.57 | 73.8 | 4.78 | 3.28 | 0.933 |
| | 20-40 | 8.15 | 3.11 | 0.2 | 87.17 | 5.27 | 3.57 | 0.79 |

Luvisoles

Los luvisoles son suelos de color café y gris, aptitudes físicas para el cultivo, texturas franco arcillo arenosas, pH neutro y contenidos moderados de Materia orgánica (cuadros 23 y 24). En la localidad de los Reyes una parte de estos suelos tiene altos grados de salinidad, por lo que se ha optado por el establecimiento de invernaderos y el cultivo sobre macetas. La concentración y retención de nutrientes es media.

Cuadro 23. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos luvisoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | Color en seco | Color en húmedo | D. R. (g cm ⁻¹) | D. A. (g cm ⁻¹) | E.P (%) | R.H (%) | Arcilla % | Limo % | Arena % | Clasificación textural |
|---------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|---------|-----------|--------|---------|------------------------|
| El Ocote | 0-20 | 7.5 YR 4/3 Café | 7.5 YR 3/2 Café oscuro | 2.41 | 1.07 | 55.6 | 33.35 | 30.72 | 21.54 | 47.74 | Franco arcillo Arenoso |
| | 20-40 | 7.5 YR 4/2 Café | 7.5 YR 3/3 Café oscuro | 2.27 | 1.00 | 53.3 3 | 34.72 | 27.76 | 25.48 | 46.76 | Franco arcillo arenoso |
| invernadero A | 0-20 | 7.5 YR 5/3 Café muy oscuro | 7.5 YR 3/2 Café muy oscuro | 2.31 | 1.11 | 51.9 4 | 31.67 | 23.25 | 20.36 | 57.39 | Franco arcillo Arenoso |
| | 20-40 | 7.5 YR 3/3 Café muy oscuro | 7.5 YR 4/3 | 2.32 | 1.06 | 53.3 8 | 27.02 | 21.70 | 20.22 | 58.08 | Franco arcillo arenoso |
| Invernadero B | | 5 YR 3/3 Gris | 5 YR 3/2 Gris | 2.38 | 1.15 | 51.6 8 | 30.55 | 27.57 | 21.73 | 50.80 | Franco arcillo Arenoso |
| Invernadero C | | 5 YR 4/2 Gris muy oscuro | 5 YR 3/2 Gris muy oscuro | 2.88 | 1.09 | 62.1 5 | 23.92 | 26.18 | 21.72 | 52.10 | Franco arcillo Arenoso |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|------------------------------|---------------------------------------|------|------|-----------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| Agua Limpia | 0-20 | 7.5 YR 3/4 Café | 7.5 YR 2.5/1 Café muy oscuro | 2.18 | 0.92 | 57.7 9 | 23.34 | 28.69 | 42.06 | 29.25 | Franco limoso |
| | 20-40 | 7.5 YR 4/4 Café | 7.5 YR 2.5/1 Café muy oscuro | 2.04 | 1.10 | 46.0 7 | 40.59 | 39.25 | 30.29 | 30.46 | Franco arcilloso |
| Límite con Omitlan | 0-20 | 7.5 YR 5/4 Café | 7.5 YR 3/3 Café oscuro | 2.02 | 0.86 | 57.4 2 | 35.44 | 38.26 | 23.41 | 38.33 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 7.5 YR 5/4 Café | 7.5 YR 3/3 Café oscuro | 2.18 | 0.98 | 55.0 4 | 32.52 | 42.57 | 23.63 | 33.80 | Franco arcilloso |
| Luvisol en conservación | 0-20 | 7.5 YR 3/3 Café oscuro | 7.5 YR 2.5/2 Café muy oscuro | 1.96 | 0.81 | 58.6 7 | 45.58 | 40.45 | 30.28 | 29.27 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 7.5 YR 3/3 Café oscuro | 7.5 YR 2.5/2 Café muy oscuro | 2.03 | 0.95 | 53.2 | 38.7 | 40.23 | 33.50 | 26.27 | Franco arcilloso |
| La Puebla | 0-20 | 7.5 YR 4/4 Café | 7.5 YR 3/4 Café oscuro | 2.23 | 1.09 | 51.0 3 | 46.82 | 42.32 | 35.27 | 22.41 | Franco arcilloso |
| | 20-40 | 7.5 YR 4/4 Café | 7.5 YR 3/4 Café oscuro | 2.30 | 1.11 | 53.4 4 | 58.26 | 36.32 | 37.64 | 26.04 | Franco arcilloso |

Cuadro 24. Resultados del análisis de propiedades químicas en suelos luvisoles en Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Localidad | Profundidad (cm) | pH | M. O. (%) | CE (dSm ⁻¹) | CIC (me100g ⁻¹) | Nitrógeno (mg kg ⁻¹) | Fosforo (mg kg ⁻¹) | Potasio (mg kg ⁻¹) |
|-------------------------|------------------|------|-----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| El Ocote | 0-20 | 7.35 | 1.03 | 0.38 | 46.07 | 14.18 | 3.45 | 0.33 |
| | 20-40 | 7.16 | 1.38 | 0.10 | 43.56 | 6.55 | 3.91 | 0.32 |
| invernadero A | 0-20 | 7.4 | 0.41 | 17.00 | 57.79 | 18.47 | 3.73 | 0.22 |
| | 20-40 | 7.43 | 1.24 | 9.40 | 53.10 | 0.00 | 2.46 | 0.45 |
| Invernadero B | | 7.74 | 1.52 | 0.10 | 56.48 | 8.70 | 5.01 | 0.39 |
| Invernadero C | | 7.57 | 0.83 | 2.30 | 50.29 | 13.16 | 5.24 | 0.36 |
| Agua Limpia | 0-20 | 6.5 | 1.45 | 1.78 | 35.88 | 90.63 | 4.76 | 0.27 |
| | 20-40 | 6.64 | 1.78 | 0.53 | 39.43 | 87.39 | 4.8 | 0.26 |
| Límite con Omitlán | 0-20 | 4.80 | 2.56 | 0.20 | 34.90 | 21.99 | 5.12 | 0.30 |
| | 20-40 | 5.54 | 0.83 | 0.17 | 38.36 | 35.16 | 6.12 | 0.29 |
| Luvisol en conservación | 0-20 | 4.75 | 4.83 | 0.43 | 36.48 | 21.91 | 4.59 | 0.28 |
| | 20-40 | 4.61 | 2.76 | 0.22 | 37.14 | 7.47 | 3.71 | 0.12 |
| La Puebla | 0-20 | 5.10 | 0.51 | 0.25 | 34.00 | 91.19 | 13.62 | 0.28 |
| | 20-40 | 4.99 | 0.86 | 0.15 | 54.80 | 70.90 | 8.08 | 0.13 |

Regosoles

La coloración de estos suelos varía a lo largo del perfil, siendo oscuros en el horizonte superficial y más claro conforme se desciende en el perfil. Textura franco arenosa y pH alcalinos, el contenido de materia orgánica es muy alto en la superficie pero se vuelve 0 por debajo del horizonte A, no es salino y tiene media retención de nutrientes. Los contenidos de nutrientes son bajos (cuadros 25 y 26).

Cuadro 25. Resultados del análisis de propiedades físicas en suelos regosoles de Atotonilco el Grande

| Localidad | Profundidad (cm) | Color en seco | Color en húmedo | D. R. (g cm ³) | D. A. (g cm ³) | E.P. (%) | R.H. (%) | Arcilla % | Limo % | Arena % | Clasificación textural |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|----------|-----------|--------|---------|------------------------|
| Camino los Reyes | 0-20 | 10 YR 5/1 Marrón grisáceo | 10 YR 3/2 Café negro | 2.19 | 1.06 | 51.59 | 35.52 | 8.14 | 12.11 | 69.75 | Franco Arenoso |
| | 20-40 | 10 YR 8/2 Blanco | 10 YR 6/2 Gris claro | 2.65 | 1.22 | 53.96 | 15.84 | 18.23 | 0.35 | 81.42 | Franco Arenoso |

Cuadro 26. Resultados del análisis de propiedades químico de suelos regosoles de Atotonilco el Grande.

| Localidad | Profundidad (cm) | pH | M. O. (%) | CE (dSm ⁻¹) | CIC (me100g ⁻¹) | Nitrógeno (mg kg ⁻¹) | Fosforo (mg kg ⁻¹) | Potasio (mg kg ⁻¹) |
|------------------|------------------|------|-----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Camino los Reyes | 0-20 | 7.80 | 5.93 | 0.09 | 35.43 | 3.51 | 4.55 | 0.17 |
| | 20-40 | 8.35 | 0.00 | 0.55 | 20.51 | 0.00 | 3.57 | 0.04 |

El cuadro 27 representa una interpretación de las condiciones de los sitios de muestreo.

Cuadro 27. Interpretación de propiedades de suelo por localidad.

| Localidad Parámetro | Cerro Colorado | Ocotal | Invernaderos | Camino a Los Reyes |
|------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Color | Pardos oscuros a | Color Marrón | Pardo | Negro en el horizonte A, muy claro en horizonte C |
| Densidad real | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Densidad aparente | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Espacio poroso | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Retención de humedad | Favorable | Favorable | Desfavorable | Desfavorable |
| Textura | Franco arcilloso | Franco arcillo arenosa | Arcillo arenosa. | Arcillo arenosa |
| pH | Moderadamente ácido | Neutro a ligeramente alcalino | Neutro a ligeramente alcalino | Alcalino |
| M.O. | Muy alto | Bajo | Bajo | Muy alto en el horizonte A |
| C.E. | No salino | No salino | | No salino |
| CIC | Alta | Media | Alta. | Media a baja |
| Nitrógeno | Alto | Bajo | Bajo | Muy bajo |
| Fosforo | Medio | Bajo | Bajos a medios | Bajo |
| Potasio | Alto | Alto | Medio | Bajo |

Cuadro 28 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad

| Localidad Propiedad | Doñana 01 | Doñana 02 | Amajac | Santa Rita | Los Paredones |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| Color | Negros muy oscuros | Negros muy oscuros | Grisos pardos | Gris y negro | Grisos negros |
| Densidad real | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Densidad aparente | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Espacio poroso | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Retención de humedad | Favorable | Favorable | Favorable | Medio | Favorable |
| Textura | arcillosa | Arcillosa | Franco arcillosa | Franca | Arcillosa limosa |
| pH | Alcalino | Alcalino | Alcalino | Ligeramente alcalino | Ácido neutro |
| M.O. | Medio | Medio | Alto | Medio | Bajos medios |
| C.E. | No salino | No salino | Ligeramente salino | No salino | No salino |
| CIC | Alta | Alta | Alta | Alta | Baja |
| Nitrógeno | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Fosforo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Potasio | Alto | Alto | Alto | Alto | Alta |

Cuadro 29 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad

| Localidad Propiedad | Agua Limpia | Límite con Omitlan | Área en conservación | Vertisoles | El Xhite |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Color | Marrón oscuro | Marrón | Marrón | Negros | Gris a gris muy oscuro |
| Densidad real | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Densidad aparente | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Espacio poroso | Favorable | favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Retención de humedad | Media | Media | Favorable | Muy Favorable | Favorable |
| Textura | Franco arcillosa | Franco arcillosa | Franco arcillosa | Arcillosa | Arcillosa |
| pH | Ligeramente ácido | Ácido | Muy ácido | Neutro a ligeramente alcalino | Neutro a ligeramente alcalino |
| M.O. | Bajo | Medio | Alto | Medio | Medio |
| C.E. | moderadamente salino | No salino | Poco salino | Poco salino | Poco salino |
| CIC | Bajo | Baja | Media | Muy alta | Media |
| Nitrógeno | Muy alto | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Fosforo | Bajo | Medio | Medio | Bajo | Alto |
| Potasio | Alta | Alto | Medio | Medio | Alto |

Cuadro 30 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad

| Localidad Propiedad | La Estancia | Zoquital | Los Sabinos | San Felipe y Anexas | La Nogalera |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Color | Grises a marrones | Negro | Gris a marrón | Grises | Grises |
| Densidad real | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Densidad aparente | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Espacio poroso | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable | Favorable |
| Retención de humedad | Favorable | Muy favorable | Media | Favorable | Favorable |
| Textura | Franco arcillosa | Arcillosa | Franco arcillosa | Franco arcillosa | Franco arcillosa |
| pH | Neutro a ligeramente alcalino | Neutro ligeramente alcalino | Acido a ligeramente acido | Ligeramente alcalino | Neutro a alcalino |
| M.O. | Medio | Bajo | Bajo | Medio | Medio |
| C.E. | No salino | No salino | No salino | No salino | No salino |
| CIC | Baja | Media | Baja | Baja | Baja |
| Nitrógeno | Muy alto | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Fosforo | Alto | Alto | Alto | Alto | Muy alta |
| Potasio | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |

Cuadro 31 (continuación). Interpretación de propiedades de suelo por localidad

| Localidad \ Propiedad | San Nicolás Xhate | La Puebla |
|-----------------------|---|------------------|
| Color | Gris a negro | Marrones |
| Densidad real | Favorable | Favorable |
| Densidad aparente | Favorable | Favorable |
| Espacio poroso | Favorable | Favorable |
| Retención de humedad | Favorable | Favorable |
| Textura | Arcillosa | Franco arcillosa |
| pH | Ligeramente alcalino | Ácido |
| M.O. | Medio | Bajo |
| C.E. | No salino | No salino |
| CIC | Alta, disminuye con la profundidad | Alta |
| Nitrógeno | Medio | Muy alta |
| Fosforo | Muy alto | Alta |
| Potasio | Alta | Alta |

En el cuadro 28 se mencionan las conclusiones generales sobre las condiciones que ofrece cada sitio para el desarrollo de la agricultura basada en las propiedades físicas y químicas por un lado y en los factores del entorno.

Cuadro 32. Conclusiones generales para cada localidad muestreada

| Localidad | Tipo de suelo | Conclusiones |
|------------------|---------------|---|
| Cerro colorado | Leptosol | Las condiciones físicas y químicas son favorables en este sitio para la agricultura, siendo limitada principalmente por la profundidad. En esta localidad el suelo tiene un uso preponderantemente pecuario respecto al agrícola y conserva vegetación silvestre. |
| Santa Rita | Leptosol | Hay deficiencias en los contenidos de nitrógeno y fósforo y compromete su productividad, ya afectada por la ausencia de riego en la zona la poca profundidad del suelo. La localidad también es vulnerable por la marginación y la reducida actividad productiva. |
| Los Paredones | Leptosol | Es una zona donde domina la agricultura de temporal, poco uso de insumos y de bajos rendimientos. En este suelo existen limitaciones en la MO, contenido de nitrógeno y fósforo. |
| El Xhite | Leptosol | Región con amplia extensión de agricultura de temporal sin deficiencias importantes excepto la profundidad. |
| La Nogalera | Leptosol | La ubicación muestra desbalance nutrimental del fósforo, debido a la sobre fertilización, la MO y la CIC se muestran bajas. |
| San Nicolás Xate | Vertisol | Las propiedades de este suelo se muestran muy favorables para el desarrollo vegetal. Solo cuando la precipitación es continua se dificulta realizar las actividades culturales. |
| Doñana 01 | Vertisol | Ubicación de suelo Vertisol muy favorable para ello desarrollo vegetal, pero con rendimientos disminuidos por la ausencia de riego. Se reportan bajas concentraciones de nutrientes y limitadas en M.O. probablemente debido al manejo. |
| Doñana 02 | Vertisol | Ubicación de suelo Vertisol muy favorable para el desarrollo vegetal, pero con rendimientos disminuidos por la ausencia de riego. Se reportan bajas concentraciones de nutrientes y |

| | | |
|-----------------------|----------|--|
| | | limitadas en M.O. probablemente debido al manejo. |
| La Estancia | Vertisol | El suelo presenta buenas condiciones para el cultivo, con contenidos medios de MO que se puede remediar con el compostaje. El riego permite altos rendimientos. |
| Zoquital | Vertisol | La textura puede dificultar el laboreo, por lo que deben ser trabajados oportunamente. No presenta deficiencias aparentes, el riego puede incrementar la producción. |
| Los Sabinos | Vertisol | La ganadería estabulada predomina en la región pero también se abunda el cultivo de forrajes cuyo crecimiento no debería ser limitado por las propiedades del suelo. |
| Zoquital (Vertisoles) | Vertisol | La textura de los vertisoles puede ocasionar dificultades para el laboreo, sin embargo poseen una excelente vocación agrícola. |
| San Felipe y Anexas | Vertisol | Buenas propiedades para el cultivo y únicamente la textura arcillosa representa una limitante cuando la precipitación es continua o muy abundante al impedir realizar las actividades culturales. |
| El Ocote | Luvisol | El suelo presenta limitaciones en la MO, CIC, nitrógeno y fósforo. Es de las pocas regiones donde se practica la rotación y cultivo de hortalizas. |
| Invernadero A | Luvisol | Problemas graves de salinidad que afectaron en el pasado seriamente la producción, por lo que ahora se cultiva sobre macetas en invernaderos. Estos suelos tienen propiedades físicas y químicas que deben mejorarse para obtener mejores rendimientos. |
| Invernadero B | Luvisol | Problemas graves de salinidad que afectaron en el pasado seriamente la producción, por lo que ahora se cultiva sobre macetas en invernaderos. Estos suelos tienen propiedades físicas y químicas que deben mejorarse para obtener mejores rendimientos. |
| Invernadero C | Luvisol | Problemas graves de salinidad que afectaron en el pasado seriamente la producción, por lo que ahora se cultiva sobre macetas en invernaderos. Estos suelos tienen propiedades físicas y químicas que deben mejorarse para obtener mejores rendimientos.. |
| Agua Limpia | Luviol | Luvisol manejado con métodos tradicionales y se favorece el empleo de agroquímicos, hay |

| | | |
|-------------------------|----------|--|
| | | reducción de la MO y una salinidad más alta que en la mayor parte del municipio. Los rendimientos suelen ser buenos. |
| Límite con Omitlan | Luvisol | Luvisol manejado con métodos tradicionales donde se favorece el empleo de abono. Se presenta la MO y la CIC más elevadas que en el muestreo anterior manejado con fertilizantes. |
| Luvisol en conservación | Luvisol | Suelo Luvisol con uso de conservación. Mantiene muchas de las propiedades originales de los luvisoles ninguna de las cuales tiene un efecto adverso para el desarrollo vegetal y producción. |
| La Puebla | Luvisol | Muestreo dentro de la zona de riego con buenas propiedades edáficas, lo que se traduce en buenos rendimientos. |
| Santa María Amajac | Mollisol | Ubicación con riego y condiciones favorables para el cultivo.. |
| Santo Niño | Regosol | Suelo de uso forestal en pendiente profundo con escasa vocación agrícola, debido a un muy profundo horizonte C de textura arenosa, resultando en deficiencias en MO, CIC, retención de humedad etc. No es apropiado para el desarrollo de cereales u hortalizas. |

Los suelos en el municipio de Atotonilco el Grande muestran en general buenas propiedades físicas. Dada la textura arcillosa que predomina a la mayor parte de los suelos las CIC suelen ser altas. No hay problemas serios de salinidad salvo una localidad donde se alcanzan valores extremos. El pH se encuentra cerca de la neutralidad favoreciendo la disponibilidad de los nutrientes. Las deficiencias más comunes son de MO, nitrógeno y fósforo, las deficiencias de potasio son prácticamente inexistentes en el municipio.

En el cuadro 29 se emiten recomendaciones específicas para cada sitio de acuerdo con los resultados del análisis del suelo y enfocándose en un equilibrio entre los factores sociales, ambientales y económicos, buscando una representación del criterio de sustentabilidad.

Cuadro 33. Recomendaciones para los suelos analizados de cada localidad muestreada en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Localidad | Tipo de suelo | Recomendaciones |
|------------------|---------------|---|
| Cerro colorado | Leptosol | Este suelo no ha sido degradado por la actividad humana y posee buenas propiedades, por lo que se recomienda si se le da un uso es realizar manejarlo con prácticas de conservación de suelo. No se recomienda intensificar la actividad pecuaria. Se recomienda diversificar el patrón de cultivos, practicar la rotación, emplear abonos orgánicos para mejorar fertilidad del suelo. |
| Santa Rita | Leptosol | Los rendimientos son muy bajos y los recursos limitados. Se recomienda apoyar al campesino con programas de desarrollo rural y estimular actividad económica en la región. |
| Los Paredones | Leptosol | Los rendimientos son muy bajos y los recursos limitados. Se recomienda apoyar al campesino con programas de desarrollo rural y estimular actividad económica en la región. |
| El Xhate | Leptosol | No existen deficiencias importantes. Se recomienda continuar con el manejo que se ha llevado a cabo. En caso de recurrir al fertilizado que sea moderado. Incrementar la fertilidad con abonaduras y diversificar el patrón de cultivos, por ejemplo el trigo, avena, sorgo. así como la rotación para favorecer la recuperación de la fertilidad del suelo. |
| La Nogalera | Leptosol | No se recomienda continuar las fertilizaciones fosfatadas y es necesario programar abonado periódico para aumentar la MO y la CIC |
| San Nicolas Xate | Vertisol | Diversificar el patrón de cultivos y estimular la rotación y asociación de cultivos. |
| Doñana 01 | Vertisol | Restaurar la fertilidad y lo pesado del suelo con aplicación escalonada de abono, y diversificar el patrón de cultivos con otros cereales. Al levantar la cosecha practicar un barbecho superficial en el suelo para conservar la humedad. |

| | | |
|-------------------------|----------|--|
| Doñana 02 | Vertisol | Restaurar la fertilidad y lo pesado del suelo con aplicación escalonada de abono, y diversificar el patrón de cultivos con otros cereales. Al levantar la cosecha practicar un barbecho superficial en el suelo para conservar la humedad. |
| La Estancia | Vertisol | Se recomienda abonar en periodos de dos a tres años, si las condiciones son adecuadas adquirir condiciones para el riego. |
| Zoquital | Vertisol | Se recomienda trabajar oportunamente este suelo para evitar problemas por la dureza del mismo al comienzo del ciclo de producción |
| Los Sabinos | Vertisol | Diversificar el cultivo en base de otros cereales, como el trigo, el sorgo o la cebada. |
| Zoquita (Vertisoles) | Vertisol | Diversificar el patrón de cultivo y practicar rotaciones con cereales. |
| San Felipe y Anexas | Vertisol | Diversificar el patrón de cultivo y practicar rotaciones con cereales. |
| El Ocote | Luvisol | Se requiere asesoría para establecer un programa de fertilización y abonado del suelo agrícola para restaurar fertilidad y mejorar la producción. |
| Invernadero A | Luvisol | Con el fin de mitigar el proceso de salinización deben practicarse encalado y lavado del suelo. O continuar con la actividad agrícola empleando sustratos y maceta. |
| Invernadero B | Luvisol | Con el fin de mitigar el proceso de salinización deben practicarse encalado y lavado del suelo. O continuar con la actividad agrícola empleando sustratos y maceta. |
| Invernadero C | Luvisol | Con el fin de mitigar el proceso de salinización deben practicarse encalado y lavado del suelo. O continuar con la actividad agrícola empleando sustratos y maceta. |
| Agua Limpia | Luviol | Reducir aplicaciones de fertilizante y experimentar con el abono. Diversificar el patrón de cultivo. En casos de alta acides practicar el encalado. |
| Límite con Omitlan | Luvisol | Se recomienda aplicar abonado y diversificar el patrón de cultivo. En caso de alta acides practicar encalado. |
| Luvisol en conservación | Luvisol | Incidir lo menos en la extracción de recursos y uso de suelo. |
| La Puebla | Luvisol | Se recomienda recurrir a la rotación de cultivos, y encalados moderados |

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Santa María Amajac | Mollisol | Controlar la fertilidad del suelo y sus propiedades físicas y químicas mediante la aplicación moderada de abono orgánico. |
| Santo Niño | Regosol | Es necesario continuar con el cultivo de frutales. |

Los suelos vertisoles tienen propiedades adecuadas para labores agrícolas, sin embargo son pesados y deben de laborarse oportunamente. La mayoría de los suelos asociados a cultivo se dedican al maíz, por lo que se recomendó diversificar el patrón de cultivo no solo como medida de conservación de suelo, sino también como fuentes de ingresos alternativas. El abono tiene la propiedad de regular pH, enriquecer con materia orgánica, aumentar la CIC entre otros beneficios más, por lo que se recomendó ampliamente. Muchas localidades se asientan sobre Leptosol y dada la poca profundidad de estos es una limitante para estos suelos, además también hay sitios con muchas deficiencias en nutrientes y con pocos recursos disponibles. En estos sitios se recomienda establecer medidas por parte de instituciones correspondientes para apoyar a la población local. Para los sitios con alta salinidad se recomienda el encalado, pero hacen falta más estudios para determinar otras acciones.

Resultados de caracterización de sistema de manejo agrícola.

Los resultados de las entrevistas se presentan en el cuadro 30. Se entrevistaron un total de 34 productores en las localidades de Santa Rita el Xhate, Cerro Colorado, Zoquital, Santa Cruz Montecillos, Los Reyes, El Ocote, San Pedro Vaquerías, Agua Limpia, Doñana, Apipilhuasco, Santa María Amajac, La Estancia, La Puebla, Tezahuapa, Los Paredones, Rincón del Xhate y la cabecera municipal de Atotonilco el Grande y a una persona en el municipio de Omitlán de Juárez.

Cuadro 34. Caracterización de los sistemas productivos de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

| Entrevistados por localidad | Temporal | Riego | Abono | Fertilizante | Insecticidas | Parcela 3 ha | Asociación Rotación | Apoyos | Actividades extra |
|-----------------------------|----------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------------|--------|-------------------|
| Santa Rita el Xhate | * | | | | | | | | * |
| Entrevistado 2 | * | | | | | | | | * |
| Santa Rita el Xhate | | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 3 | * | | * | | | | | | * |
| Cerro Colorado | | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 4 | * | | * | | | | | | * |
| Cerro Colorado | | | | | | | | | * |
| Entrevistado 5 | * | | | | | | | | * |
| Santa Cruz Montecillos | | | * | | | | * | | * |
| Entrevistado 6 | * | | * | | | | | | * |
| Santa Cruz Montecillos | | * | | * | | * | | * | * |
| Entrevistado 7 | | * | | * | | * | | * | * |
| Los Reyes | | * | | * | * | * | | * | * |
| Entrevistado 8 | | | * | | | | | | * |
| Los Reyes | * | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 9 | * | * | | | | | | | * |
| Los Reyes | * | * | | | | | | | * |
| Entrevistado 10 | * | | * | | | * | | | * |
| Los Reyes | * | | * | | | * | | | * |
| Entrevistado 11 | * | | * | | | * | | | * |

El Ocote

| Entrevistados por localidad | Temporal | Riego | Abono | Fertilizante | Insecticidas | Parcela 3 ha | Asociación Rotación | Apoyos | Actividades extra |
|--|----------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------------|--------|-------------------|
| Entrevistado 12 San Pedro Vaquerías | * | | | | | | | | * |
| Entrevistado 13 San Pedro Vaquerías | * | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 14 San Pedro Vaquerías | * | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 15 Doñana | | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 16 Doñana | * | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 17 Doñana | * | | | | | | | | * |
| Entrevistado 18 Agua Limpia | * | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 19 Agua Limpia | * | | | | | | | | * |
| Entrevistado 20 Agua Limpia | * | | | | | | | | * |
| Entrevistado 21 Omoitlán de Juárez | * | | | | | | | | * |
| Entrevistado 22 Apipilhuasco | * | | * | | | * | | | * |
| Entrevistado 23 Santa María Amajac | | | * | | | | | | * |
| Entrevistado 24 Santa María Amajac | | * | | * | | * | | * | * |
| Entrevistado 25 | | * | | * | | * | | * | * |

| Santa María Amajac | Temporal | Riego | Abono | Fertilizante | Insecticidas | Parcela 3 ha | Asociación Rotación | Apoyos | Actividades extra |
|---|----------|-------|-------|--------------|--------------|-----------------|------------------------|--------|----------------------|
| Entrevistados por localidad | | | | | | | | | |
| Entrevistado 26 | * | | * | | | | | | * |
| La Estancia Entrevistado 27 | * | | | | | | | | * |
| La Estancia Entrevistado 28 | * | | | | | | | | * |
| La Puebla Entrevistado 29 | * | | | | | | | | * |
| Tezahuapa Entrevistado 30 | * | | * | | | | | | * |
| Los Paredones Entrevistado 31 | * | | * | | | | | | * |
| Los Paredones Entrevistado 32 | * | | | | | | | | * |
| Rincón de Xhate Entrevistado 33 | * | | | | | | | | * |
| Cabecera municipal Entrevistado 34 | | * | | * | | * | | | * |
| Cabecera municipal | | | | | | | | | |
| Total | 29 | 5 | 15 | 5 | 1 | 7 | 1 | 4 | 34 |

De los 34 entrevistados, solo 7 son propietarios de una extensión mayor a 3 ha. (cuadro 31), 80% aproximadamente de los productores tiene en promedio de 1 a 3 hectáreas de terreno dedicadas a la producción. El régimen de propiedad es privado o bien ejidal y son heredados de generación en generación.

29 no tienen acceso a un sistema de riego (cuadro 31), mientras que para enriquecer el suelo, 5 personas emplean fórmula química y 15 prefieren el uso de abonos orgánicos. Aquellas personas con infraestructura de riego son las mismas que utilizan abonos orgánicos.

Solo una persona usa control químico de plagas, el resto no cuenta con una estrategia de control de plagas definida. Solo un productor rota sus cultivos y 4 afirman recibir apoyos por parte de la presidencia.

Del total de entrevistados, ninguno tiene a la agricultura como su única fuente de ingresos, también se dedican a varias actividades como: artesanías, albañilería, cuidadores de ganado, recolecta de leña, etc.

Cuadro 35. Características de los predios y su porcentaje respecto a la población entrevistada

| Características y manejo del predio | Número de entrevistados | Población entrevistada % |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| Parcela mayor a 3 ha | 7 | 20.5 |
| Parcela con riego | 5 | 14.7 |
| Parcela sin riego | 29 | 85.3 |
| Abono | 15 | 44.1 |
| Fertilizante químico | 5 | 14.7 |
| Uso de insecticidas | 1 | 2.9 |
| Rotación de cultivos | 1 | 2.9 |
| Apoyos gubernamentales | 4 | 11.7 |
| Total | 34 | 100% |

Los principales cultivos practicados son *Zea mays* (maíz) y *Avena sativa* (avena), el maíz en las comunidades más pobres es frecuentemente asociado con *Phaseolus vulgaris* (frijol). Otros cultivos que también se observaron son *Cucurbita pepo* (calabaza), *Capsicum annum* (chile), *Coriandrum sativum* (cilantro) y *Solanum lycopersicum* (jitomate). El área de superficie destinada a estos últimos geográficamente se ubica en la localidad Los Reyes.

El agua para riego mensual tiene un precio de entre 48 y 100 pesos por ha.

Las asociaciones y rotaciones de cultivos son raras o esporádicas. El maíz se asocia con frijol un 40% de los casos en las zonas de temporal. En el resto únicamente maíz en todo el año. En estas mismas localidades pocas veces se cubre la parcela con rastrojo o su siembra algún cultivo de cobertura cuando la parcela no está trabajando. En la ubicación de los Reyes se tienen casos confirmados de parcelas cultivadas con varias especies a la vez y en rotación constante. Se suelen cultivar calabaza, frijol y chile alternadas, que se van desplazando a la siguiente hilera al siguiente año.

El principal tipo de ganado es bovino y aves de corral (pavo y gallina) 80% de las familias tienen. Lo más común es ver hatos de 2 a 4 cabezas por familia. Cerca de

la cabecera municipal hay hatos de ganado de entre 15 y 40 cabezas. Es muy difundido cercar los terrenos con magueyes o huizaches.

El empleo de fertilizante químico es común en aquellas áreas donde hay infraestructura para riego, la mayor parte de las comunidades no recurre este y emplea abonos orgánicos cuando las condiciones económicas lo permiten. Sin embargo, en años poco productivos si se recurre al fertilizante químico. Este tiene un valor de entre 300 y 465 pesos un costal de 20 Kg. El abono se maneja por viajes. Un viaje de abono comprende entre 6 y 8 m³, con un valor de entre \$800 y \$1500.

La semilla empleada es criolla autóctona, se emplea más el arado de tiro o manual. El uso de tractores y maquinaria para las labores agrícolas se restringe a unos pocos productores y zonas el uso de maquinaria se utiliza sobre todo en los terrenos cuya superficie son de media hectárea en adelante, esta maquinaria no es propia, es rentada para realizar las actividades de barbecho nivelación y aporque.

El manejo de plagas se realiza a través de pesticidas químicos. El deshierbe suele ser manual en la mayoría de las comunidades. En algunos casos se le paga a una persona para que deshierbe el terreno.

El empleo de fertilizante químico es usado solamente en aquellas áreas donde hay riego. En las áreas de agricultura de temporal no se aplica fertilizante químico y el uso de abonos se reduce a entre 40 y 50% de los productores, debido al precio que tiene el viaje de abono y a que los animales que poseen no acumulan el suficiente para abonar una hectárea. Aquellos productores con recursos económicos para adquirir el abono emplean fertilizante químico para evitar pérdidas cuando la producción esta baja. La semilla empleada es criolla, autóctona. Para realizar las actividades de barbecho, aporque y nivelación se puede hacer manual, con animales de tiro o con maquinaria. La renta de un tractor oscila entre 750 y 1000 pesos al día.

El deshierbe suele realizarse con herbicidas en las áreas de riego. En las de temporal es manual en un 80% de los casos, en el 20% se utiliza herbicida. Por la actividad se paga 130 pesos al día por persona, si se realiza manualmente puede tardar hasta una semana por hectárea.

El manejo de plagas es por medio de pesticidas químicos, en áreas de temporal no se lleva ningún tipo de control de plagas, se supo de casos de pérdidas totales en algunas parcelas gracias al barrenador del maíz. En la zona más baja de Los Reyes la principal plaga es la mosquita blanca, la cual ha mostrado cierto nivel de tolerancia a los insecticidas.

Los cultivos son vulnerables a las heladas primaverales, dado que pueden reducir bruscamente la germinación y futura productividad de los cultivos. Afecta principalmente al maíz.

Más del 70% de los propietarios son hombres y el restante 30% son mujeres. En las actividades del campo, los hombres siguen siendo los que tienen mayor participación y los principales tomadores de decisiones. El 90% de los entrevistados son varones mayores de 50 años de edad. El resto son mujeres de entre 30 y 50 años de edad. 100% de los entrevistados tiene primaria.

La gente joven suelen migrar a las ciudades (principalmente Pachuca y la Ciudad de México) buscando mejores oportunidades, con lo que muchos terrenos se quedan sin trabajar por muchos años. La agricultura no es una actividad familiar, se le suele pagar a trabajadores para realizar todas las labores, desde el barbecho hasta la cosecha. La población además de la agricultura se dedica a actividades como: la elaboración de artesanías, venta de leña, albañilería, pastoreo, venta de abono, tienda de abarrotes.

Los apoyos por parte del gobierno (cuadro 32), se limitan a apoyos económicos para los productores que no hayan alcanzado a obtener una ganancia de sus labores agrícolas, apoyos que se aproximan a los 3000 pesos. En la región de los Reyes, PROCAMPO otorga apoyos de 1300 pesos para las operaciones iniciales. En el cuadro 6 se presentan los principales costos de operación.

La cosecha es destinada al autoconsumo primordialmente. En la cabecera municipal existe un tianguis que se establece los miércoles y domingos, donde la mayoría de los comerciantes vienen del municipio vecino de Meztitlan.

Cuadro 36. Costos de las principales labores agrícolas en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo

| Servicio | Costo |
|----------------------|---|
| Agua para riego | 48 a 100 pesos mensuales |
| Abono | 800 a 1500 pesos entre 6 a 8 m ³ |
| Fertilizante químico | 300 a 465 costal de 20 kg |
| Deshierbe | 130 pesos la jornada |
| Renta de tractor | 75 a 100 pesos al día |
| Apoyo gubernamental | \$ 3000 |

A manera de resumen podemos resaltar las siguientes características en el municipio:

-el 15% de la superficie cultivada posee riego y se localiza en las localidades de Los Reyes, Amajac y San José Zoquital, además de áreas pequeñas aisladas.

-Escasean las asociaciones y rotaciones de cultivos.

-80% de las familias poseen animales.

-En las ubicaciones de riego es usual el empleo de fertilizante químico, a diferencia de las áreas de temporal donde es muy poco frecuente.

-El control de plagas es preponderantemente por métodos manuales.

-Predominan los propietarios masculinos.

-las principales plagas son el barrenador y la mosquita blanca.

-los apoyos económicos ascienden a los 3000 pesos.

-La mayor parte de la cosecha es destinada al autoconsumo.

Identificación de los sistemas de producción agrícola.

Las diferencias en cuanto al manejo de las áreas agrícolas permitieron discernir entre 5 tipos de producción agrícola.

- Sistema de agricultura de temporal (SAT). Agricultura característica de áreas marginadas que solo depende del temporal y consumo muy pocos insumos, de subsistencia.
- Sistema de agricultura de temporal con empleo de abono (SATA). Depende del agua de lluvia pero se trata el suelo con abono, generalmente sin una estrategia.
- Sistema de agricultura de temporal con empleo de fertilizante (SATF). Depende de agua de lluvia y se acompaña con el empleo de fertilizantes químicos
- Sistema de agricultura de riego con empleo de abono (SARA) Existe infraestructura de riego y se prefiere el abonado.
- Sistema de agricultura de riego con empleo de fertilizante (SARF). Existe infraestructura de riego y se favorece la fertilización química. Corresponde a los sectores más favorecidos.

Agricultura de temporal: El temporal se presenta entre mayo y septiembre, siendo el único periodo donde es posible cultivar. El resto del año las parcelas quedan a la intemperie o con una cobertura de rastrojo. Los rendimientos frecuentemente no

son superiores a 1 ton/ha, este sistema se localiza sobre todo en regiones marginadas donde la producción se destina al autoconsumo.

La agricultura de temporal es el tipo de sistema de producción más extendido, abarca toda la superficie de Leptosol cultivado, una amplia superficie de Vertisol, Luvisol y Molisol, es típica de suelos en pendiente y someros, se practica en una amplia extensión de vertisoles en los que no hay infraestructura de riego. En los molisoles de Amajac se muestra dominante. La deficiencia más importante para este tipo de producción es que se practica en terrenos pedregosos y poco profundos, lo que limita la productividad.

La agricultura de temporal se caracteriza por la diversidad de estructuras que tiene, que van de parcelas aisladas sobre pendientes hasta llanuras totalmente ocupadas por tierras de cultivo. Este tipo de agricultura es de corte tradicional y con la adición de insumos disponibles en el medio rural. El arado suele ser por medio de yunta, aunque también está disponible la renta de tractores.

Hay algunas zonas como Amajac y los Reyes donde se cuenta con infraestructura para riego por gravedad. Sin embargo, son pocas las zonas que tienen acceso a agua de ríos cercanos, lo cual origina que se tengan que recorrer grandes distancias para llegar a ellos.

Los rendimientos en terrenos en Leptosol de temporal pocas veces supera 1 ton/ha, aquí los terrenos llegan a ser de una sola hectárea, la familia del productor es quien trabaja la parcela. Es más común en comunidades marginadas. En suelos más productivos los rendimientos son mayores y permite el almacenaje y comercialización del excedente.

Sobre suelos luvisoles, vertisoles y molisoles se suelen contratar trabajadores y usar tracción animal para el barbecho, además de utilizar abonos ya que hay mayor disponibilidad de éste. Se asocia a lugares donde también hay riego.

Agricultura de temporal con uso de abono: el abono es un insumo valioso donde los recursos son limitados, y es el principal enriquecedor de suelo empleado.

Por lo general no se lleva a cabo un proceso de composteo previo a su utilización, sino que se aplica el estiércol fermentado. Es usual en Amajac, Los Reyes y Zoquital.

El empleo de abono viene determinado por dos factores.

1) su disponibilidad, en las comunidades donde se practica la ganadería se puede acceder fácilmente a este, y también se encuentra a la venta.

2) el poder adquisitivo del productor: En suelos vertisoles, molisoles y luvisoles se tiene la posibilidad de aumentar los rendimientos y los beneficios. El productor de Atotonilco el Grande prefiere el empleo del abono sobre la fórmula química ya que genera buenos resultados, es más económico y no genera dependencia del mismo,

a su vez que no produce contaminación. La distribución de su uso depende de las posibilidades del productor, y de su plan de manejo, aunque tiene una muy amplia aceptación y preferencia sobre los insumos químicos.

Agricultura de riego: la agricultura de riego se ve restringida cerca de la cabecera municipal, y en algunas áreas de los Reyes Santa María Amajac y en la rivera del río.

Se caracteriza por sus rendimientos más elevados y periodo de cultivo más amplio. Fue en el centro del municipio donde se desarrolló más sólidamente la infraestructura de riego. También en zonas de interés comercial como es el caso de los Reyes donde se cultivan muchas hortalizas y productos destinados a la comercialización. Otra área donde también se presentan las condiciones para el riego es en Santa María Amajac donde existen cuerpos de agua subterránea.

Agricultura de riego con empleo de abono: entre los productores existe una gran aceptación por el abono orgánico ya que se ha desarrollado un sentido de conciencia de conservación de recursos naturales.

Agricultura de riego con empleo de fertilizantes: La distribución de estos modelos cambia con el tiempo ya que los productores modifican el manejo de las parcelas año con año de acuerdo a las necesidades que ellos observen o consideran obtener mayores beneficios.

En el municipio de Atotonilco el grande el 15% de los terrenos agrícolas tienen riego de auxilio y están distribuidos en: Los Reyes y Santo Niño (40 ha) cultivadas con *Juglas regia* (nogal); sin embargo están de manera intercalada, *Persea americana* (aguacate), *Psidium guajava* (guayaba), *Diospyros digyna* (zapote negro), *Casimiroa edulis* (zapote blanco) y *Pouteria campechiana* (zapote amarillo), *Rubus fruticosus* (mora), *Musa paradisiaca* (plátano), *Citrus limon* (limón) *Citrus aurantifolia* (lima), *Citrus aurantium* (naranja) y *Citrus reticulata* (mandarina).

En esta área agrícola irrigada aparecen parcelas desde 1/4 hasta 3/4 de hectárea dedicadas al cultivo de hortalizas bajo riego por orden de importancia decreciente: calabaza, cilantro, *Lactuca sativa* (lechuga), *Raphanus sativa* (rábano), frijol ejotero y maíz (10 ha).

El riego en Los Reyes para los mismos cultivos hortícolas también se practican en la zona ejidal y la superficie no es mayor a 15 ha. El agua para esta actividad en el ejido proviene de una presa.

Una segunda área irrigada se ubica en Amajac a ambos costados del río, en este sitio particularmente se cultiva maíz que algunas veces se asocia con frijol, una menor área de superficie es cultivada con calabaza para hortaliza. Aparecen dispersos árboles de nogal y aguacate criollo. El área con riego no es mayor a 20 hectáreas.

La tercera zona donde se practica el riego pertenece a una cooperativa de riego ubicada a los alrededores de la presa en San José Zoquital. En total se irrigan alrededor de 20 ha. Camino a cerro colorado se encuentran dos pequeñas presas cuya agua también es utilizada para irrigar cultivos de maíz cuya superficie no es mayor de 10 ha.

El riego también se practica para producir jitomate bajo invernadero, particularmente en las localidades Santa Catarina, Los Reyes y el camino a Santa Catarina. La superficie total bajo estructura cubierta asciende a aproximadamente 15 ha.

Generación de Mapas

Los mapas resultantes del SIG se presentan en las figuras 1 a 4.

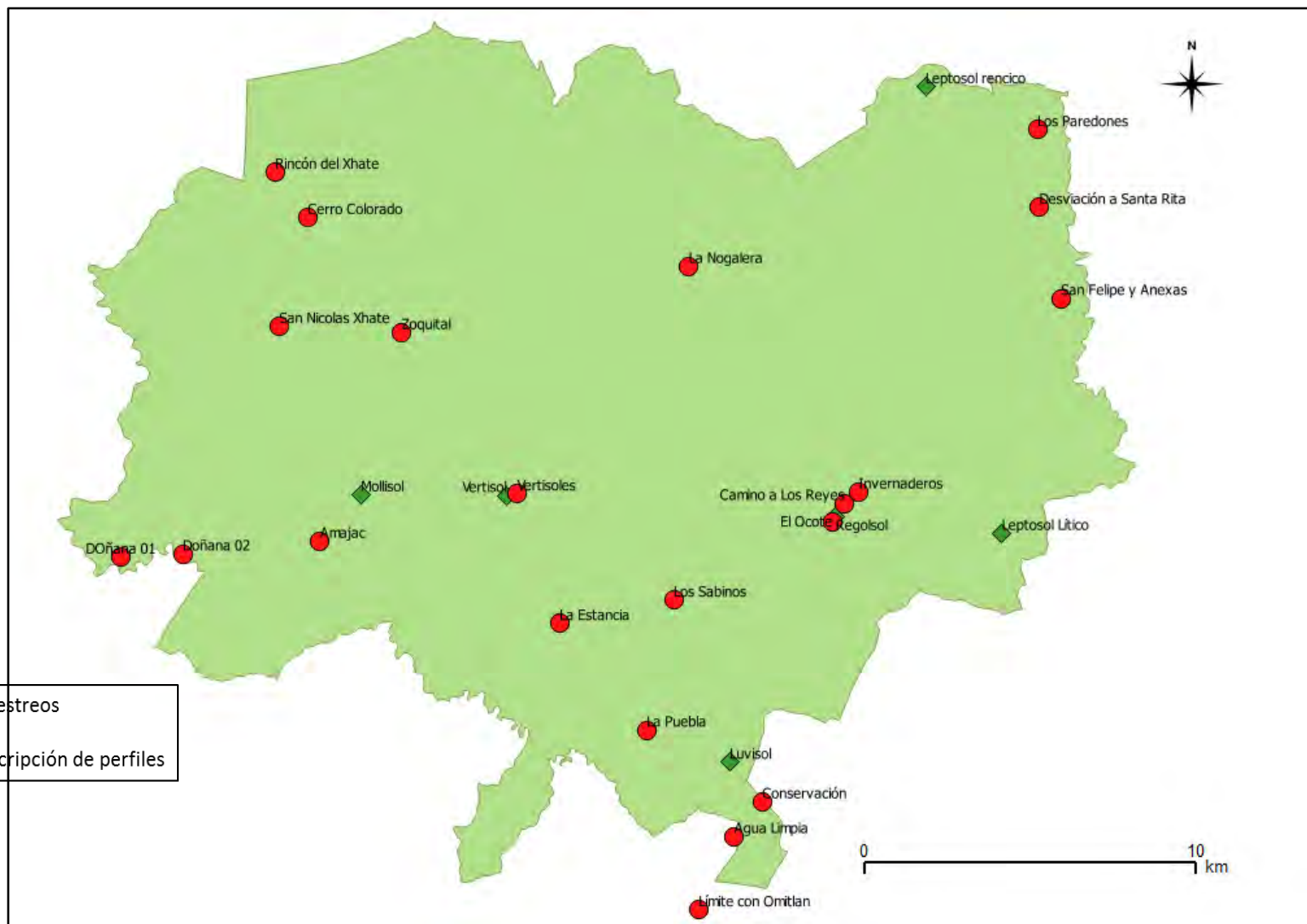


Figura 1. Mapa con la ubicación espacial de los sitios de muestreo y descripción de perfiles en Atotonilco el Grande

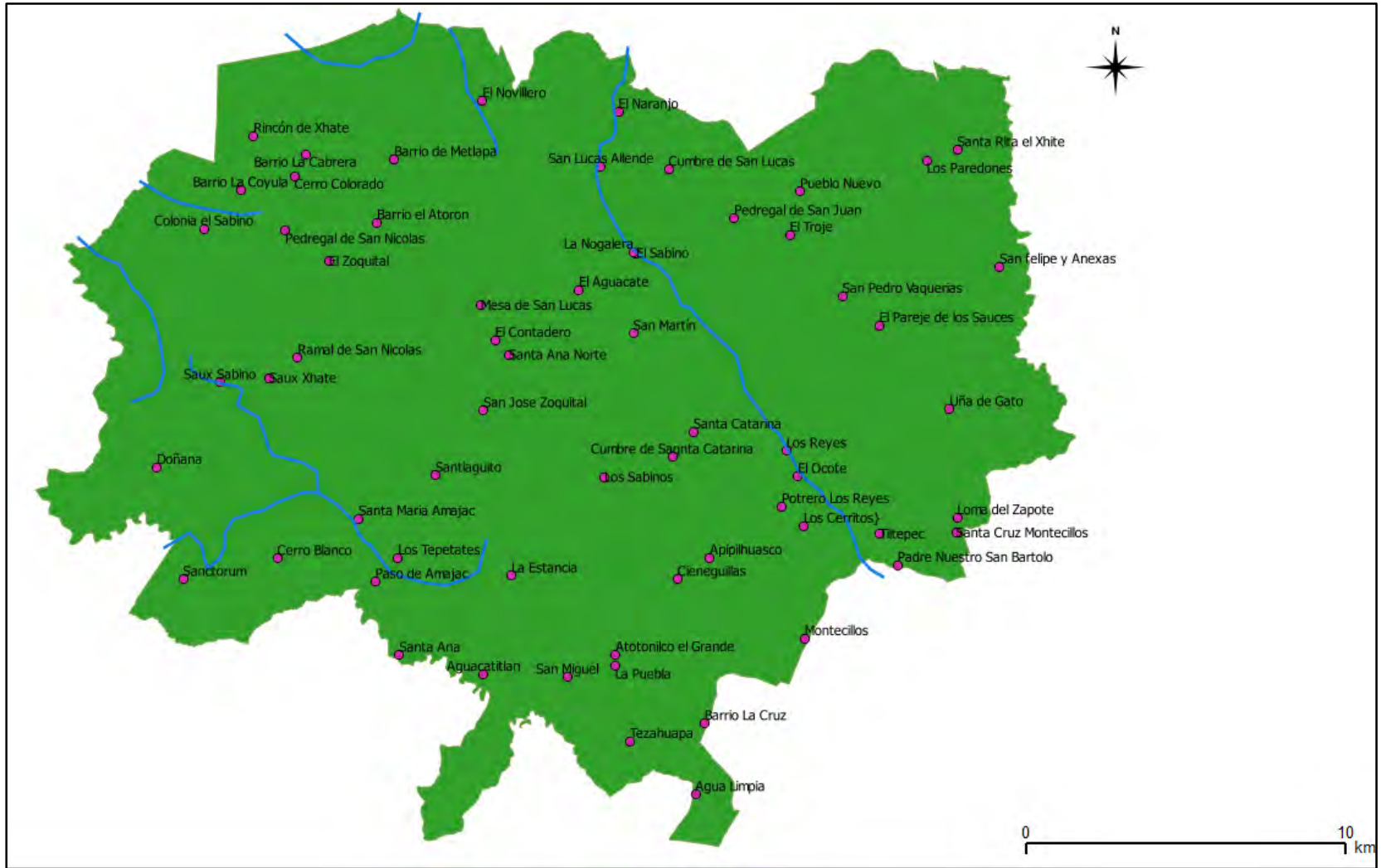


Figura 2. Localidades de Atotonilco el Grande

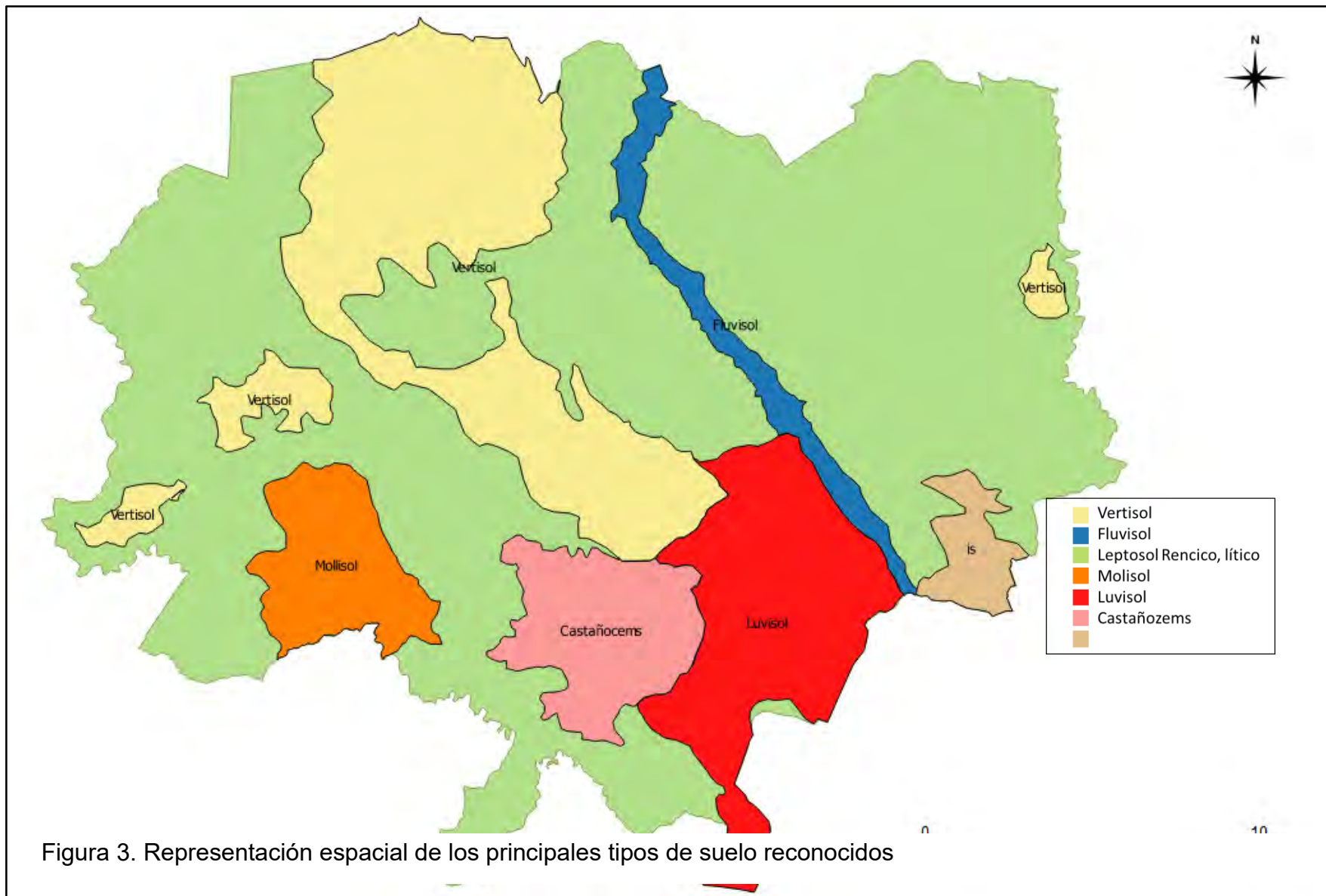


Figura 3. Representación espacial de los principales tipos de suelo reconocidos

Caracterización socioeconómica

Los costos por operación de actividades agrícolas que se le asigna a un trabajador son:

\$900 el barbecho

\$400 el fumigado

\$400 siembra

\$1200 la cosecha.

Por tanto durante el ciclo completo de cultivo se paga 2700 por persona, el ciclo completo suele durar seis meses que dura la temporada del maíz, principal cultivo practicado en la región.

La productividad se suele expresar en términos de cargas. Una carga pesa cerca de 125 kg. En el municipio, se habla de una buena productividad cuando se alcanza una producción de entre 15 y 20 cargas por ha. Esto viene equivaliendo a entre 1875 y 2500 kg por ha, pero lo más común es ver productividades de 10 cargas, cerca de 1250 kg.

Agricultura de riego con empleo de Fertilizante químico.

En el municipio se observó que la densidad de siembre siempre es de 6 plantas por m², dando en total cerca de 60 000 plantas por ha. El maíz destinado a venta local se puede vender en tres formas, por kg, por pieza o por docena. El kg cuesta \$10 cada kilo tiene, la pieza se vende en \$6 y la docena a \$35.

La semilla de maíz criollo se vende en \$ 2000 el bulto de 20 kg con 60 000 semillas, las cuales se siembran a densidad de 6 plantas por m². Cada mazorca alberga entre 400 y 450 granos. Con un promedio de 425 granos por mazorca y suponiendo una viabilidad del 85% entonces:

$$60,000/GM/ V=MH$$

$$MH= (60\ 000/425)/0.85= 166.08 \text{ mazorcas}$$

Si cada kg contiene 5 mazorcas entonces:

$$MH/MKg=X$$

$$166.08/5=33.21 \text{ kg}$$

En los siguientes ciclos de producción ya no será necesario adquirir semilla nueva, sino restar solo el volumen de 33.21 kg del producto por ha.

Agricultura de temporal

Este es el tipo de agricultura menos productiva y más vulnerable, ya que depende completamente del temporal. Las plantas suelen desarrollar una sola mazorca. Los costos de operación por ciclo se aproximan a \$ 5 100.00.

Costos de operaciones

| | | |
|--------------|------|--|
| Semilla | 2000 | Los rendimientos que se reportan bajo estos sistemas no superan las 10 carga (1250 kg). |
| Barbecho | 900 | |
| Fumigado | ND | Después del primer ciclo de producción son 1216.8 kg. De destinarse todo a la venta se obtendrían los siguientes beneficios: |
| Deshierbe | 600 | |
| Siembra | 400 | |
| Agua | - | |
| Fertilizante | ND | |
| Abono | - | |
| Cosecha | 1200 | |
| Total | 5100 | |

Cuadro 37. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SAT

| Presentación | Beneficio 1° ciclo | Beneficio 2° ciclo |
|--------------|------------------------------|------------------------------|
| Por kilo | 1250 (\$10) = \$12 500 | 1216.8 (\$10)=\$12 168 |
| Por unidad | 1250(5) (6)=\$37 500 | 1216.8(5) (6)=\$36 504 |
| Por docena | $((1250(5))/12)35=\$18\ 229$ | $(1216.8(5)/12)35=\$17\ 745$ |

Cuadro 38. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SAT

| Presentación | 1° ciclo | 2° ciclo |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Por Kilo | 12 500-5100= \$7 400 | 12 168-3100= \$9 068 |
| Por Unidad | 37500-5100= \$32 400 | 36 504-3100= \$33 404 |
| Por docena | 18 229-5100= \$13129 | 17 745-3100= \$14 645 |

Los ingresos obtenidos son anuales. Al año un trabajador debe ganar mínimo \$26 659.6 anuales. Así el formato de venta por unidad es la única que cumple el requisito, sin embargo esta forma de venta no es usual entre los productores en

tierras de temporal, dadas las dificultades para vender las mazorcas, la competencia con el formato por docena.

Agricultura de temporal con abono.

Las mismas características de la agricultura de temporal, con el uso de abono. La diferencia está en que se utiliza abono de animal para enriquecer el suelo. Se suele utilizar 6 m³ por ha. Para términos prácticos se promedió el valor mínimo y el valor máximo. Los costos de operación ascienden a \$ 6 250.00.

Costos de operaciones

| | | |
|--------------|--------|--|
| Semilla | 2000 | Los rendimientos reportados bajo este sistema van de 12 a 16 cargas. El máximo rendimiento alcanzado sería así de 2000 kg (2 ton). |
| Barbecho | 900 | |
| Fumigado | 0 | Después del segundo ciclo de producción son 1966.8 kg (cuadros 35 y 36) |
| Deshierbe | 600 | |
| Siembra | 400 | |
| Agua | 0 | |
| Fertilizante | 0 | |
| Abono | 1150 | |
| Cosecha | 1200 | |
| Total | \$6250 | |

Cuadro 39. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATA

| Presentación | Beneficio 1° ciclo | Beneficio 2° ciclo |
|--------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Por kilo | 2000(1\$0) = \$20 000 | 1966.8 (\$10) = \$19 668 |
| Por unidad | 2000(5)(6)=\$60 000 | 1966.8(5)(6)= \$59 004 |
| Por docena | $((2000(5))/12)35 = \$29 166.6$ | $((1968.8(5))/12)35 = \$28 711.6$ |

Cuadro 40. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATA

| Presentación | 1° ciclo | 2° Ciclo |
|--------------|-------------------------|---------------------------|
| Por kilo | 20 000-6250= \$13 750 | 19 668-4250= \$15 438 |
| Por unidad | 60 000-6250= \$53 750 | 59 004-4250= \$54 754 |
| Por docena | 29 166.6-6250= \$22 916 | 28 711.6-4250= \$24 461.6 |

A pesar del aumento en la productividad, los ingresos no alcanzan para cumplir el ingreso mínimo anual y no es viable para la alimentación de una familia de 4 miembros.

Agricultura de temporal con uso de fertilizante

En este tipo de agricultura el agua viene de la lluvia, pero para facilitar el crecimiento de las plantas se hacen uso de fertilizantes, frecuentemente ocupándose urea y sulfato de amonio. Cabe destacarse que no se realizan mediciones precisas para conocer los requerimientos de una parcela, se suelen utilizar costales de 50 kg y distribuirla en el terreno de cultivo. Los costos de operación se aproximan a \$ 5 482.50.

Costos de operaciones

| | | |
|--------------|----------|---|
| Semilla | 2000 | Los rendimientos reportados en bajo este modelo van de 10 a 14 cargas. Así el máximo rendimiento vendría siendo de 1750 kg (cuadros 37 y 38). |
| Barbecho | 900 | |
| Fumigado | 0 | |
| Deshierbe | 600 | Después del siglo ciclo seria de 1716.8 kg. |
| Siembra | 400 | |
| Agua | 0 | |
| fertilizante | 382.5 | |
| Abono | 0 | |
| Cosecha | 1200 | |
| Total | \$5482.5 | |

Cuadro 41. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATF

| Presentación | Beneficio 1° ciclo | Beneficio 2° ciclo |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|
| Por kilo | $1750(\$10) = \$17\ 500$ | $1716.8(\$10) = \$17\ 168$ |
| Por unidad | $1750(5)(6) = \$52\ 500$ | $1716.8(5)(6) = \$51\ 504$ |
| Por docena | $(1750(5)/12)35 = \$25\ 520$ | $1716.8((5)/12)35 = \$25\ 036.6$ |

Cuadro 42. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SATF

| Presentación | 1° ciclo | 2° ciclo |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|
| Por kilo | $17500 - 5482.5 = 12\ 017.5$ | $17268 - 3482.5 = 13785$ |
| Por unidad | $52500 - 5482.5 = 47\ 017.5$ | $51504 - 3482.5 = 48\ 021.5$ |
| Por docena | $25520 - 5482.5 = 20\ 037.5$ | $25036.6 - 3482.5 = 21\ 554.1$ |

Las condiciones para el productor mejoran en este sistema, la venta por kilogramo no es suficiente para solventar las necesidades de una familia de 4 (\$26 659.6 anuales).

Agricultura con riego con uso de abono

La infraestructura de riego permite aumentar los rendimientos cuando el temporal es reducido, en algunos casos se suele acompañar con el empleo de abono orgánico de res. Los costos de operación son aproximados a \$ 6 872.00 según el cálculo.

Costos de operación

| | |
|--------------|------|
| Semilla | 2000 |
| Barbecho | 900 |
| Fumigado | 400 |
| Deshierbe | 600 |
| Siembra | 400 |
| Agua | 222 |
| fertilizante | 0 |
| Abono | 1150 |
| Cosecha | 1200 |
| Total | 6872 |

Los rendimientos reportados en bajo este modelo van de 15 a 20 cargas. Así el máximo rendimiento vendría siendo de 2500 (cuadros 39 y 40).

Después del siglo ciclo seria de y 2 466.8 kg

Cuadro 43. Beneficios anuales brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARA

| Presentación | Beneficio 1° ciclo | Beneficio 2° ciclo |
|--------------|----------------------------|-------------------------------|
| Por kilo | $2500(\$10)=25000$ | $2466.8(\$10)=24\ 688$ |
| Por unidad | $2500(5)(6)=75000$ | $2466.8(5)(6)=73\ 980$ |
| Por docena | $2500((5)/12)35=36\ 458.3$ | $2466.8((5)/12)35=35\ 974.16$ |

Cuadro 44. Beneficios anuales netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARA

| Presentación | 1° ciclo | 2° ciclo |
|--------------|----------------------|-------------------------|
| Por kilo | $25\ 000-6872=18128$ | $24688-4872=19\ 816$ |
| Por unidad | $75000-6872=68128$ | $73980-4872=69\ 108$ |
| Por docena | $36458.3-6872=29586$ | $35974.16-4872=31\ 102$ |

La productividades siguen siendo insuficientes para suplir las necesidades monetarias de una familia (\$26 659.6 anuales) en el tipo de venta mas común que es por kilogramo. Los otros formatos de venta suponen beneficios importantes.

Agricultura de riego con uso de fertilizante

La agricultura de riego con empleo de fertilizante tiene una alta productividad, utilizándose principalmente fertilizantes nitrogenados. En muchos casos estos fertilizantes provienen de apoyos del municipio. Es el tipo de agricultura más favorecido, con gastos de operación de aproximadamente \$ 6 852.00.

| | |
|--------------|------|
| Semilla | 2000 |
| Barbecho | 900 |
| Fumigado | 0 |
| Deshierbe | 600 |
| Siembra | 400 |
| Agua | 200 |
| fertilizante | 1530 |
| Abono | 0 |
| Cosecha | 1200 |
| Total | 6852 |

Bajo este sistema se pueden obtener productividades de hasta 25 cargas (3125 kg) (cuadros 41 y 42).

Después del ´primer ciclo será de 3 091.8 kg.

Cuadro 45. Beneficios brutos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARF

| Presentación | Beneficio 1° ciclo | Beneficio 2° ciclo |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Por kilo | $3125(\$10)=31\ 250$ | $3091.8(\$10)=30\ 918$ |
| Por unidad | $3125(5)(6)=93\ 750$ | $3091.8(5)(6)=92\ 754$ |
| Por docena | $(3125(5)/12)35=45\ 572.91$ | $(3091.8(5)/12)35=45\ 088.75$ |

Cuadro 46. Beneficios netos del primer y segundo ciclo de producción por formato de venta para el SARF

| Presentación | 1° ciclo | 2° ciclo |
|--------------|----------------------------|----------------------------|
| Por kilo | $31250-6852=24\ 425$ | $30918-4852=26\ 093$ |
| Por unidad | $93750-6852=8\ 6925$ | $92754-4852=87\ 929$ |
| Por docena | $45572.91-6825=3\ 8747.91$ | $45088.75-4825=40\ 263.75$ |

Bajo el sistema SARF los beneficios después del primer ciclo de producción se acercan al umbral de ingresos mínimos anuales (\$ 26 659.6), aunque siguen siendo insuficientes.

En el cuadro 42 se encuentra una comparación de los beneficios netos obtenidos para cada sistema de manejo agrícola.

Cuadro 47. Cuadro comparativo de beneficios netos (en moneda nacional \$) por formato de venta en los sistemas de producción agrícola identificados.

| | SAT | SATA | SATF | SARA | SARF |
|------------|--------|--------|----------|--------|--------|
| Por unidad | 9068 | 15 438 | 13 758 | 19 861 | 26 093 |
| Por docena | 33 404 | 54 754 | 48 021.5 | 69 108 | 87 929 |
| Por kg | 14 465 | 24 961 | 21 554.1 | 31 102 | 40 263 |

Los sistemas SARA y SARF tienen producciones más elevadas gracias al riego y las que permiten mejores beneficios al productor. Ninguno de los sistemas identificados produce beneficios suficientes para satisfacer los requerimientos mínimos de una familia.

Discusión de resultados.

El municipio es una entidad primordialmente agraria donde la mayor parte de la población se dedica a la agricultura de subsistencia. No se identificó la presencia de un sector de agricultura empresarial en el municipio. Aun así muchas de las prácticas impulsadas por las grandes trasnacionales están presentes en el sistema de producción agrícola. Los resultados muestran que en algunos sitios existe una concentración muy elevada de los nutrimentos fósforo y potasio, provocados por el empleo excesivo de fertilizantes.

En este estudio se hace evidente la postura del gobierno explicada en Herwitt (2007) de privilegiar sectores enfocados al intensivismo y exportación. La localidad de Los Reyes que se caracteriza por alta concentración en infraestructura de riego recibe apoyos anuales por parte de la presidencia debido a que tiene interés económico, mientras que los campesinos de tierras menos favorecidas no reciben estos apoyos. Uno de estos entrevistados explicó que recibían apoyos solo en tiempos de pérdida total y que su remuneración consiste en 3000 pesos.

Es interesante observar como la unidad familiar no se dedica exclusivamente a la agricultura. El hogar campesino deja de ser una unidad productiva familiar agropecuaria para transformarse en una unidad de producción familiar diversificada y plurisectorial (De Grammont, 2004) combinando el trabajo artesanal, fabril o asalariado a sus ingresos. De hecho un informe para América Latina indica que el trabajo no agrícola representa el 40% de los ingresos rurales (Reardon *et al.*, 2001). En realidad Barkin (2012) señala que el campo siempre ha sido multifacético, sin

embargo, fue enmascarado por la introducción de modelos de producción homogéneos.

También cabe mencionar un rechazo generalizado hacia los fertilizantes incluso en algunos de los sectores más favorecidos. Ortíz (1998) menciona que entre las razones por las que un productor prefiere el uso de abono orgánico, es que el fertilizante químico solo dura un año y necesita mucha agua, de lo contrario seca las plantas, provoca engrosamiento del tallo que no gusta a los animales. En el área de estudio, hay conciencia sobre los efectos negativos al medio ambiente por el uso de insumos químicos, por lo que se está revalorando la viabilidad de estos. La presencia de ganado fomenta el uso de abono, sin embargo sigue siendo un recurso poco difundido.

El uso tan poco extendido de la asociación y rotación de cultivos es evidencia de la pérdida de tradiciones y conocimientos en el municipio. Un estudio sobre tecnologías apropiación de tecnologías en San José Chiapa, Puebla (Turiján *et al.* 2012) revela que mientras más tecnificado el sistema en cuestión menos se recurre a los conocimientos tradicionales. Sin embargo también menciona que el manejo del suelo está relacionado con sus características.

Las asociaciones y rotaciones son cruciales para un sistema de producción más sustentable y eficiente. García y Treto (2002) comparan los rendimientos entre parcelas tratadas con fertilizantes químicos y parcelas rotadas con leguminosas en suelos ferralíticos en Cuba. Reporta incrementos en los rendimientos de hasta 2.4 ton/ha que es un aumento del 218% con respecto al ciclo anterior y más de \$16 000 en beneficios económicos. Por ello se recomienda iniciar investigación e introducir programas de rotación de cultivos con el fin de mejorar la producción.

La actividad agrícola ha cambiado con el paso del tiempo. Comparando el mapa resultante de este trabajo de uso de suelo con el contenido en el prontuario de información geográfico municipal para Atotonilco el Grande (INEGI 2009), se observa de qué manera se han creado nuevas tierras de producción agrícola en el municipio.

En la evaluación de propiedades edáficas se encontró lo siguiente:

Los valores de densidad aparente indican suelos arcillosos que corresponden con la fracción textural reportada.

La densidad real corresponde al peso por unidad de volumen de la parte sólida del suelo. Los valores obtenidos muestran que el suelo está bien drenado y bien estructurados (Rubio 2010). La acumulación de materia orgánica está directamente relacionada con la textura del suelo, los suelos arcillosos tienen más materia orgánica que los de textura más arenosa. Sin embargo al comparar los contenidos de esta entre suelos de conservación con los agrícolas, los primeros tiene

cantidades más elevadas, esto concuerda con lo señalado por Matus y Christian (2000), este hecho se debe a que la perturbación por las labores agrícolas acelera la biodegradación.

El pH en la mayoría de las localidades está cercano a la neutralidad. Entre más cercano a 7 la disponibilidad de los nutrimentos aumenta, por lo que, esta propiedad del suelo favorece la productividad en la zona (Ramos y Zuñiga, 2008).

El contenido de materia orgánica es considerado bajo en 17 de los 22 sitios de muestreo. La materia orgánica o humus favorece la estabilidad y formación de la estructura del suelo, favorece la retención de humedad y el intercambio gaseoso, reduce la erosión, amortigua el pH, además de aumentar la CIC y facilitar la absorción de nutrientes (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). El contenido de materia orgánica por tanto es factor crucial dada su relación con tantas propiedades del suelo. Fertilizantes químicos comúnmente usados como la urea o fosfatos de amonio son convertidos rápidamente por microorganismos del suelo a nitratos liberando ácidos que reducen el pH del suelo. La materia orgánica ayuda a disminuir este cambio en el pH del suelo (Benítez, 2005). En los suelos agrícolas se recomienda incrementar los niveles de M.O. a través del abonado, con esta práctica es claro se mejorarán las propiedades del suelo y con ello la fertilidad del mismo.

El suelo presenta alta retención de humedad, esto debido al alto contenido de arcilla. Estos suelos pesados dificultan las actividades culturales cuando las precipitaciones son abundantes y continuas y son causa de pérdida de los cultivos en la zona. Durante el estudio se reportaron anegamientos frecuentes en las parcelas cuando los temporales son fuertes, lo que frecuentemente impide o retrasa las labores en las parcelas afectando negativamente el desarrollo de los cultivos y con ello su rendimiento.

Estos suelos presentan altas cantidades de arcilla (15 de 22 sitio) siendo las categorías arcillosa y franco arcillosa las más frecuentes.

La capacidad de intercambio catiónico se muestra muy alta en varios sitios de muestreo. Se han realizado estudios donde se demuestra que la fracción arcillosa tiene relación estrecha con los valores de CIC (Otero *et al.*, 1998), mayor inclusive que con la materia orgánica, por lo que es común encontrar CIC elevadas en suelos con altos contenidos de arcilla. Este comportamiento es inminente en los suelos de la zona de estudio, donde además de tener suelos arcillosos, el tipo de arcilla es la mormorillonita, una arcilla 2:1 que se caracteriza por tener alta capacidad de intercambio catiónico, entre 80 a 100 meq/100 g de arcilla. Arias *et al.* (2010) con base a estudios de la fracción orgánica de suelos de Costa Rica explica que en suelos con mormorillonita la fracción mineral es mucho más importante que la orgánica en su relación con la CIC.

La conductividad eléctrica indica que el suelo no es salino en el municipio. La salinización de los suelos se asocia a causas antrópicas como el uso indiscriminado

de agroquímicos, monocultivo intensivo, el riego con agua de mala calidad y el ascenso del agua capilar salina. El riego puede incrementar la productividad, sin embargo el cultivo intensivo continuo ha producido serios problemas de desertificación. En las zonas áridas el problema es mayor, dado a que se emplea más agua para regar y que las bajas precipitaciones no favorece la lixiviación de las sales (Chávez 2001). La zona de estudio no se encuentra actualmente afectada por problemas de salinidad. El agua para riego proviene de fuentes naturales cuyas concentraciones de sales son normales y de metales pesados son mínimas. Las zonas donde se practica el riego utilizan agua de manantiales que se originan de las infiltraciones de la sierra de Pachuca. Un estudio hecho por Mancilla-Villa *et al.* (2012) en embalses y manantiales de agua en Puebla y Veracruz indica que estas fuentes de agua no presentan riesgos para su aprovechamiento en la actividad agrícola al revelar que los contenidos de metales pesados están por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-001-ECOL-1996.

El nitrógeno suele considerarse factor limitante en la productividad. Valores de 20 a 40 mg kg⁻¹ se consideran niveles moderados de nitrógeno. 13 de 22 muestreos se encuentran en este rango. También existen casos donde los valores son muy superiores a los niveles usuales. Los sitios de muestreo Cerro Colorado, Agua Limpia, La Estancia y La Puebla muestran concentraciones por encima de 80 mg kg⁻¹ esto se debe a que en estos sitios se realiza agricultura bajo riego y constantemente se mejoran los niveles de nutrimentos con fertilizantes nitrogenados, que normalmente se aplican en dosis por encima de las requeridas, pues se carece de asesoría técnica. Caso particular de la localidad de Cerro Gordo, donde el muestreo se realizó en suelo de conservación, los altos niveles de nitrógeno se atribuyen a la fijación biológica pues se trata de un bosque espinoso de *Acacia farnesiana* y *Prosopis levigata*.

Fabrizzi *et al.* (1998) realizó un estudio sobre como los efectos de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y fosfatado afectan a otras propiedades químicas del suelo. En un periodo de 8 años disminuyó notablemente la materia orgánica de 6.3% a entre 0.53 a 0.85%, esta disminución se asocia a los trabajos de labranza y fertilización nitrogenada. Disminución del pH y CIC vienen acompañadas por el efecto de la disminución de la materia orgánica.

Sumado a la degradación de propiedades edáficas de un suelo también agregamos el efecto ambiental que tiene la sobrefertilización. Los residuos de nitratos pueden lixivarse y llegar a fuentes de consumo humano y convertirse en un problema de salud pública (Herrera *et al.*, 1999).

El fósforo se encuentra en concentraciones bajas en 10 sitios y alto en otros 8 sitios de muestreo. En el caso particular de La Nogalera se detectaron concentraciones de más de 85 meq/100g (más de 20 veces superior al reportado en algunos sitios) asociado a la excedentes en la fertilización con fósforo.

El exceso de fósforo tiene la contraindicación de que apelmaza los suelos y puede limitar el desarrollo de raíces. Además, también está el riesgo de la transferencia del fósforo a cuerpos de agua, induciendo a un proceso de eutrofización (Fernández-Marcos, 2011). Este es un riesgo real en el municipio y alrededores, pues los temporales pueden inundar tierras de cultivo fácilmente y facilitar este transporte.

La concentración de potasio no representa un factor limitante en estos casos. Conti (2002) sostiene que el potasio no es un índice de fertilidad de suelo ya que este se encuentra en formas diferentes (intercambiable y de reserva), teniendo más influencia la capacidad que tenga la planta para extraerlas. La velocidad con la que el potasio se vuelve disponible depende de los materiales constituyentes del suelo y del medio ambiente.

En un estudio hecho por Salinas-García *et al.* (2005) en suelos arcillosos, encuentra que los residuos de cosecha mejoran los indicadores de sostenibilidad de suelos. La labranza cero y mínima incrementa la concentración de materia orgánica, nitratos, fósforo y potasio en los primeros 5 cm de profundidad.

Los mayores rendimientos se obtuvieron en el sistema de producción de riego con empleo de fertilizante con más de 3 ton/h, seguido del Sistema de riego con empleo de abono, sistema de temporal con empleo de fertilizante, y sistema de temporal con empleo de abono. Los menores rendimientos esta en el sistema de temporal simple con poco más de 1ton/ha.

En 2012 el rendimiento promedio nacional fue de 3.2 ton/ha (Sagarpa, 2012). El SRF se encuentra cerca de este promedio mientras los demás están muy por debajo del mismo.

En la zona centro de la República cerca del 80% de la actividad agrícola de maíz se concentra en áreas de temporal. Los rendimientos promedio son para riego y temporal 6 y 2.8 ton/ha respectivamente y por cada ha de riego hay 6 de temporal (Agroder, 2012). La relación área de riego/ área de temporal en el área de estudio es comparable al dato anterior, sin embargo los rendimientos se encuentran por debajo de este promedio. Hay que señalar que a pesar que los rendimientos en regiones con riego pueden doblar la productividad de áreas sin riego, la superficie cosechada es 6 veces mayor en esta última.

El criterio de clasificación de sistemas de producción puede variar con los autores. Omaña *et al.* (2004) distingue los sistemas de producción agrícola por la fuerza usada para la actividad agrícola. A su vez, también reporta que los costos de producción se reducen a menor cantidad de tecnología. La mayor cantidad de gastos en sistemas de producción mecanizados corresponden a insumos.

Los costos de producción promedio por ha en este estudio realizado en Tulancingo, Hidalgo por Ayala *et al.* (2013), son de 7290 pesos, comparados con el promedio obtenido en este estudio 6111.2. De los productores en Tulancingo solo aquellos

que tienen un rendimiento de 2 ton/ha o más perciben algún beneficio de la venta de maíz. Generalmente rendimientos menores a 2 ton/ha se destinan al autoconsumo al percibir ingresos mínimos.

Entre las consecuencias de los bajos rendimientos podemos mencionar el uso inadecuado del fertilizante, semilla criolla y ausencia de asesoría técnica altos costos de los insumos y falta de apoyo. Pero la principal dificultad que enfrentan estos productores es la ausencia de canales adecuados para la comercialización de sus productos.

A raíz de este estudio se recomienda elaborar planes de manejo en cooperación con la comunidad para elevar la producción de los sectores menos favorecidos. Se recomienda la implementación de tecnologías alternativas así como fomentar la asociación y rotación de cultivos que múltiples estudios han demostrado tener buenos resultados. Garza *et al.* (2003) reporta que en un lapso de 10 años el uso de biofertilizantes incremento 56% la relación costo/beneficio.

La implementación de nuevas técnicas de manejo requieren de abundante investigación adicional como menciona Erestein (1999) al estudiar sistemas de producción de maíz en Jalisco encuentra que la adopción de tecnologías agroecológicas no siempre es benéfico para la localidad ya que en ocasiones reducen los costos dependiendo de las condiciones del sitio entre las que podemos citar el temporal, la disponibilidad de la mano de obra y la presencia de otros nichos de mercado mejor establecidos.

Conclusiones

Atotonilco el Grande cuenta con un sistema productivo diversificado que varía de región a región. Entre las razones están la diversidad climática, edáfica, social y económica. Existen dos sectores bien diferenciados. El pequeño sector de agricultura de subsistencia localizado en las partes altas del municipio con predios de temporal. Predominan los predios pequeños, monocultivo, sin acceso a riego y de subsistencia, con empleo limitado de insumos. El deshierbe y fertilización es improvisado. El otro sector está ubicado en las partes bajas y ventrales. Son predios de más de 3 ha. Mono o policultivo, tiene acceso a riego, se aplican insumos frecuentemente como son fertilizante o abono, pesticidas o herbicidas. Recibe apoyos de la presidencia municipal y la producción se destina a la venta en muchos casos.

De estos grupos principales se desprenden otros subtipos.

- Sistema de producción agrícola de temporal (SAT.)
- Sistema de producción agrícola de temporal con empleo de abono (SATA).
- Sistema de producción agrícola de temporal con empleo de fertilizante químico (SATF).
- Sistema de producción agrícola de riego con empleo de abono (SARA).
- Sistema de producción agrícola de riego con empleo de fertilizante químico (SARF).

Las principales producciones agrícolas son el maíz y los forrajes. Los métodos empleados en todos los sistemas identificados son tradicionales. La población rural dedicada a la producción envejece y las nuevas generaciones optan por dejar su lugar de origen o dedicarse a otras actividades. La mayor parte de los apoyos gubernamentales se enfocan a la producción de la agricultura bajo riego.

Se describieron 6 tipos de perfiles de suelo: Leptosol réndzico, Leptosol lítico, Vertisol, Luvisol, Molisol y Regosol. En el municipio también hay presencia importante de Kastañocems.

En general los suelos se muestran con buenas propiedades físicas para el cultivo, arcillosos, buena retención de humedad y espacio poroso, estructurados, con concentraciones de arcilla que son superiores al 50% en algunos puntos, pHs cercanos a 7, bajos niveles de M.O., CIC muy elevada, sin problemas importantes de salinidad y contenidos de nutrimentos en general bajos. Los bajos niveles de MO, nitrógeno y fósforo son atribuidos al manejo. Aquellos muestreos en lugares sin actividad agrícola acentuada presentaron las mejores aptitudes para el desarrollo vegetal. Los vertisoles muestran tener las mejores propiedades, pero los altos contenidos de arcilla pueden dificultar las labores. Los leptosoles también muestran propiedades apropiadas para el cultivo, pero su escasa profundidad es un importante factor limitante.

Se detectó un caso de suelo extremadamente salino en un sitio de muestro en la región de Los Reyes, cercano a un río sobre un suelo de tipo Luvisol. La producción

se ha mermado y se optó por el cultivo sobre sustratos en invernaderos. A su vez en La Nogalera se reporta un estado de exceso de fósforo, por lo que se recomendó no fertilizar con este nutriente.

Resultaron mapas de tipos y uso de suelo que pueden resultar útiles para futuras investigaciones en el sitio.

Los beneficios obtenidos por el productor son mínimos en el sistema AT y los mejores beneficios se encuentran en el sistema ARF. Solo este último se acerca al promedio nacional de 2012 que es de 3.2 ton/ha mientras el resto de los sistemas se encuentra muy por debajo de este promedio.

Entre las principales recomendaciones se tiene: recurrir a prácticas de conservación de recurso suelo como es la rotación de cultivos, abonados frecuentes, diversificación del patrón de cultivo, labores oportunas en suelos pesados y apoyo al pequeño productor por parte de la presidencia del municipio.

Literatura citada

Agoglia, O. 2011. La crisis ambiental como proceso. Un análisis reflexivo sobre su emergencia, desarrollo y profundización desde la perspectiva de la teoría

crítica. Saarbrücken, Leipzig, Alemania. Editorial Académica Española. LAP LAMBERT.

Agroder. 2012. Comparativo regional de rendimientos de maíz. Obtenido de <http://www.agroder.com/Documentos/Publicaciones/Produccion de Maiz en Mexico-AgroDer 2012.pdf>

Alejandro A. J. 2006. La servidumbre agraria en México en la época porfiriana. De Friedrich Katz- Vuelo libre No. 1 pp 16-20.

Appendini K. 2001. De la milpa a los tortibonos. La reestructuración de la política alimentaria de México

Arias, F., Alvarado, A., Mata, R., Serrano, E., & Laguna, J. 2010. Relación entre la mineralogía de la fracción arcilla y la fertilidad en algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 34(2), 223-236.

Arnés P. E. 2011. Desarrollo de la metodología de evaluación de sustentabilidad de los campesinos de montaña en San José Cusmapa (Nicaragua). Obtenido el 16 de febrero de 2016 http://oa.upm.es/9036/1/TFM._Esperanza_Arn%C3%A9s.pdf

Ayala-Garay, A. V., Schwentesius-Rindermann, R., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G., & Rivas-Valencia, P. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 381-395.

Barkin O. 2012. Superando el paradigma neoliberal: desarrollo popular sostenible. Cuadernos de desarrollo rural (43).

Becerra L. F. A., Pino A. J. R. 2005. Evolución del concepto de desarrollo implicaciones en el ámbito territorial: experiencia desde Cuba. *Economía Sociedad y Territorio* 5(17):85-119

Benites J. A. 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. Roma. FAO.

Bertoni R., Cecilia C., Alexa C., Sebastián F., Silvana P., Javier R., Dominique R. 2011. Construcción y Análisis de problemas del desarrollo ¿Qué es el desarrollo? ¿Cómo se produce? ¿Qué se puede hacer para promoverlo? Montevideo. Universidad de la república de Uruguay 264 pp.

Bohlen P. J., Gar H. 2009. Sustainable Agroecosystem Management. Integrating ecology, economics and society. CRC Press Tylor and Francis Group

Bromley D. W., Perrotini I. 2011. Medio ambiente, desigualdad y economía: la situación mexicana. *Investigación económica*, 70 (278): 9-12. Recuperado en 18 de julio de 2015, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672011000400001&lng=es&tlng=es.

Bouyocos G. S. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54:464-465.

Brundtland G., Khalid M., Agnelli S., Al-Athel S., Chidzero B., Fadika L., Singh M. 1987. *Our Common Future* ('Brundtland report'). ONU.

Calva, J. L. 1996. "La economía nacional y la agricultura de México a tres años de operación del TLCAN", ponencia preparada para el Simposio Trinacional de Investigación El TLCAN y la agricultura: ¿Funciona el experimento?, noviembre de 1996.

Calvente A. 2007. *El concepto moderno de sustentabilidad*. Universidad Abierta Interamericana. CEPAL. Santiago, Chile.

Cañal de León P., Vilches A. 2014. El rechazo del desarrollo sostenible ¿Una crítica justificada? VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.

Carmona L. M. del C. 2000. *Derechos y su relación con el medio ambiente*. Cámara de diputados LVIII legislatura

CEPAL. 2002. *Globalización y desarrollo*. Brasilia. Disponible en: <http://archivo.cepal.org/pdfs/1991/S9181285.pdf>. Consultado 16 de julio de 2015.

CESOP (Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública). 2006. *La migración en México. Un problema sin solución*.

Chávez, G. E. V. 2001. *Salinización inducida en los suelos agrícolas de Canarias: caracterización y prognosis* (Doctoral dissertation, Universidad de La Laguna).

Chávez J. 2004. *Desarrollo tecnológico en la primera revolución industrial*. *Norba revista de historia [en línea]* Vol 17 pp93-109 consultado del 25 de julio de 2015 obtenido de <file:///C:/Users/Everardo/Downloads/Dialnet-DesarrolloTecnologicoEnLaPrimeraRevolucionIndustri-1158936.pdf>

Common M, S. Sigrid. 2008. *Introducción a la economía ecológica*. [versión española revisada por: Álvaro Isidro Paños Cubillo y Alfredo Cárdenas Marín]. *Los seres humanos en el medio ambiente: un poco de historia*. Barcelona: Reverte.

Conti, M. E. 2002. *Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina, disponible en: www.ppi.org, acceso en, 17(07).

Cuanalo de la Cerda, H. 1990. *Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo*. 3a ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.

- Deras F. H. 2014. Guía Técnica, el cultivo del Maíz. IICA.
- De Grammont H. C. 2004. La nueva ruralidad en América Latina. *Revista Mexicana de Sociología* (66) 279-300
- Díaz L. M. A. 1994. Origen de la agricultura en México. Nueve mil años de Agricultura en México (documental). México. Geavideo.
- Díaz L.M.A. 2004. Desarrollo sustentable: pasado, presente y futuro. *Ingenierías* Octubre-diciembre Vol. VII No. 25: 17-23.
- Durand A. C. H. 2009. Desarrollo rural sustentable “enclave de la estrategia neoliberal”. *Alegatos* 72: 177-205
- Durand V. M., Durand L.. 2004. Valores y actitudes sobre la contaminación ambiental en México. Reflexiones en torno al posmaterialismo. *Revista mexicana de sociología* año 66 No. 3 pp 513-535.
- Escalante R. I., Catalán H. 2008. Situación actual del sector agropecuario en México. *Economía informa* No. 350 pp 7-25.
- Erenstein, O. 1999. La conservación de residuos en los sistemas de producción de maíz en Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco.
- FAO. 2009. La FAO en México. Más de 60 años de colaboración
- Fabrizzi, K., Picone, L., Berardo, A., & Garcia, F. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en las propiedades químicas de un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo*, 16(2), 71-76.
- Fernández-Marcos, M. L. 2011. Contaminación por fósforo procedente de la fertilización orgánica de suelos agrícolas. Universidad de Santiago e Compostela
- Flores C. E.. 2008. Suelo Ejidal en México, un acercamiento al origen y destino del suelo ejidal en México. Cuaderno de investigación Urbanística. No 57 marzo-abril. 86 pp
- Galva-Miyoshi Y., Maser O., Astier M.. 2007. Retos y perspectivas para la evaluación de sustentabilidad: la experiencia con el marco MESMIS. Centro de Investigaciones en Ecosistemas UNAM. Morelia, Michoacán.
- Galvan-Miyoshi Y., Marera O., López R. S. 2007. Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional Cap III Las evaluaciones de sustentabilidad.
- Gámez de la Hoz J. J. 2002. Ecología y ecologismo. Una diferencia conceptual necesaria. *Ecología y salud*. Pp. 474-477.
- García, A. A. 2005. Breve historia de La educación ambiental: Del conservacionismo hacia El desarrollo sostenible. *Revista Futuros*, 12, 1-8.

García, M., Álvarez, M., & Treto, E. 2002. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 23(3), 19-31.

Garza, M. B. I., Vázquez, P. V., García, D. G., Tut, C., Martínez, I. R., Campos, A. T. & Cabrera, O. G. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agricultura Técnica en México*, 29(2), 213-225.

Gutiérrez G. E. 2008. De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable: historia de la constitución de un enfoque multidisciplinario. *Ingenierías abril-junio XI(39)*: 21-35

GEO 5. . 2012. Perspectivas del medio ambiente mundial. Medio ambiente para el futuro que queremos. PNUMA.

Gligo N. 2006. Estilos de desarrollo y un medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después. CEPAL.

Gligo N. 2001. La dimensión ambiental en el desarrollo de América latina. CEPAL.

Góllas M. 2003. México, crecimiento con desigualdad y pobreza (de la sustitución de importaciones a los tratados de libre comercio con quien se deje). Colegio de México. Centro de Estudios Económicos. 116 pp

Gómez-Oliver, L. 1995. El papel de la agricultura en el desarrollo de México. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

González-Jácome A. 2004. *Ambiente y cultura en la agricultura tradicional de México: casos y perspectivas*. Universidad Autónoma del Estado de México, Programa Editorial Universitario.

Herrera, O. F., Vargas, O. Y., Marín, C. P. 2000. La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate. *Scientia gerundensis* 24:5-12

Hewitt de Alcántara C. 2007. Ensayo sobre los obstáculos al desarrollo rural en México: retrospectivas y prospectivas. *Desacatos* (25) 79-100.

INEGI 2009. Prontuario de Información municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Atotonilco el Grande, Hidalgo.

IRENAT-Colegio de Posgraduados. 1993. Manual de procedimientos analíticos de suelo y plantas de laboratorio de laboratorio de fertilidad de suelos. IRENAT-Colegio de Posgraduados. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. ISP Programa de intercalibración de análisis del suelo y plantas pp 37.

Jackson M. 1964. Análisis químico de suelos. Ed. Omega. Barcelona.

Jhonson J., 1979. Introductory soil science. A study guide and laboratory manual. Macmillan Publishing Co. New York 289 pp.

Julca-Otiniano, Alberto, Meneses-Florián, Liliana, Blas-Sevillano, Raúl, & BelloAmez, Segundo. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1):49-61. Recuperado en 11 de marzo de 2015, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009&lng=es&tlng=es)

34292006000100009&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-34292006000100009.

Krauz E. (productor). 2010. Las promesas de la tierra. Historia de la agricultura en México [documental] México. Clio Tv

Leff E. 1986. Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable. Consultado en <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/leff08.pdf> el 29 de julio de 2015.

Lorda, M. A. 2011. La relación sociedad-naturaleza desde la geografía y los enfoques ambientales. Reflexiones teóricas para la superación de la geografía espontánea (The society-nature relation from the geography and environmental approaches...). *acta geográfica*, 5(10), 07-26.

López Portillo y Ramos Manuel. 1982. El medio ambiente en México. Temas problemas y alternativas. México. Fondo de cultura económica.

Macías C. H., Téllez V. O. 2006. Los estudios de sustentabilidad. *Ciencias* 81: 20-31

Mancilla-Villa, ó. r., Ortega-Escobar, h. m., Ramírez-Ayala, c., Uscanga-Mortera, e., Ramos-Bello, r., Reyes-Ortigoza, a. I. 2012. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 39-48.

Marcia S., Cetré M. 2011. La teoría de dependencia. *Revista republicana* No. 10 enero-junio de 2011, pp 127-139.

Martínez B. B. 2010. Los principios agraristas de la revolución y trascendencia del derecho mexicano. *La revolución mexicana a 100 años de su inicio. Pensamiento social y jurídico.* pp 281-308.

Martínez T. 1983. Historia de la agricultura en México. Ponencia realizada en el III taller latinoamericano "prevención de riesgos en el uso de plaguicidas" realizada en el instituto de investigación sobre Recursos Bióticos, Xalapa Veracruz.

Matus, F. J., Maire, G., & Christian, R. 2000. Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica*, 60(2), 112-126.

Max-Neef, M., Elizalde, A., & Hopenhayn, M. 1986. Desarrollo a escala humana. *Development dialogue*, 9-93.

Meira P. A. 2013. Problemas ambientales globales y educación ambiental. Una aproximación desde las representaciones sociales del cambio climático. *Rev. de Inv. Educ.* v.6 n.3

Mercado M. A., Ruíz A. 2006. El concepto de la crisis ambiental en los teóricos de la sociedad de riesgo. Universidad Autónoma del Estado de México. *Espacios públicos* Vol 9 num.18 pp:192-213.

Morales D., Manuel A. 2010. Territorio sagrado: cuerpo humano y naturaleza en el pensamiento maya. *Cuicuilco*, 17(48), 279-298. Recuperado en 24 de julio de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16592010000100014&lng=es&tlng=es.

Moreno P. S. 2007. El debate sobre el desarrollo sustentable o sostenible y las experiencias internacionales de desarrollo urbano sustentable. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. Documento de Trabajo No. 29

Munsell, 1975. Soil Color Charts. Macbeth Division of Kollmorgen corporation. Baltimore.

Olsen S. R., Sommers L. E. 1982. Phosphorus In: Page Al, Miller R. H., Keeney D. R. (Eds.) *Methods of soil analysis Part II*. Madison: American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, Usa pp 401-430.

Omaña J. M., Martínez T. Cruz León A. 2004. Fuentes de fuerza, diversidad tecnológica y rentabilidad de la producción de maíz en México. *Ciencia Ergo Sum* [en línea] : [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2016] Disponible

Osorio A. R. 2001. LA ecología de los recursos naturales. Un asunto de límites y necesidades para la humanidad. *Ecos de economía* No.15 pp 45-62.

OSORIO-GARCIA, Nemesio et al. 2015. Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova scientia* [online]. 2015, vol.7, n.14 [citado 2016-02-06], pp. 577-600 . Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000200577&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-0705.

Ortiz-Espejel, B., Toledo, V. M. 1998. Tendencias en la deforestación de la Selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de Las Cañadas. *Interciencia*, 23(6), 318-327

Ovalles A. Francisco. 2006. Manejo sustentable de los recursos naturales en América Latina y el Caribe: oportunidades y desafíos y desarrollo tecnológico para la cooperación. PROCIANDINO, Foragro IICA, Venezuela.

Otero L., Ortega F., Morales M. 1998. Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de vertisoles de la provincia Granma. *Terra*, 16(3)189-194

Ovalles V. F. A. 2003. El color del suelo: definiciones e interpretación. Revista digital del centro de investigaciones agropecuarias de Venezuela. Consultado el 22 de febrero de 2015 de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n3/texto/fovalles.htm

en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10411307>> ISSN 1405-0269

Paramo A. 2010. ¿Puede definir el hombre la oposición entre naturaleza y cultura? Revista digital Eudinnova No. 24 pp 118-125.

Pérez G. M., Hernández G. 1998. Desarrollo sustentable y globalización. Ciencias 51 pp 44-49.

Pichardo A. 2006. Promoviendo un cambio de actitud hacia el desarrollo sostenible. San Jose, Costa Rica. Banco Interamericano de Desarrollo.

Pierri N. 2001. Historia del concepto desarrollo sustentable. En: Pierri, N. y Foladori, G. (eds.), ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. Montevideo: Trabajo y Capital.

PNUMA, 2005. Evaluación de los ecosistemas del milenio. Caracas Venezuela.

Priego C. G. A., Galmiche T. A., Castelán M. A., Ruíz R. O., Otríz. C. A. L. 2009. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso en unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. Universidad y Ciencia Tropico Húmedo 25(1): 39-57

Ramírez T. A., Sánchez J. M., García A. El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle [en línea] 2004, 6 (julio-diciembre) : [Fecha de consulta: 7 de febrero de 2016] Disponible en:<<http://redalyc.org/articulo.oa?id=34202107>> ISSN 1405-6690

Ramos V. E., Zúñiga D. D. 2008. Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada*, 7(1-2):123-130.

Reardon T., Julio B. y German E. 2001. Rural Nonfarm Employment and Incomes in Latin America: Overview and Policy Implications, *World Development* 29(3): 395-409.

Romero E. 2002. Un siglo de agricultura en México. UNAM. Ed. Textos breves de México. 102 pp.

Rubio G. A. M. 2010. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los arcornocales. Tesis para obtener el título de Ingeniero Técnico Agrícola, especialidad en explotaciones agropecuarias. Universidad de Sevilla. Sevilla.

Rubio Y. 1998. Ecología y economía en tiempos de modernización. *Ciencias* 51: 38-43
SEMARNAP. 1996. El desarrollo sustentable. Una alternativa política institucional. México.

SAGARPA-SIACON (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2012. Información Agrícola.

Salinas-García, J. R., Díaz-Franco, A., Garza-Cano, E., & Garza-Cano, I. 2005. Efectos de labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol. *CYTA-Journal of Food*, 5(1), 30-34.

Sámano R. M. A., 2009. La agroecología como alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. *Revista mexicana de Ciencias agrícolas* 4 (8): 1251:1266.

SEMARNAT. 2004. Suelos. Obtenido de: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

Semarnat. 2007 ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. Semarnat. México.

SEMARNAP. 1996. El desarrollo sustentable. Una alternativa política institucional. México.

Sen A. 2000. Desarrollo y libertad. Ed. Planeta. Consultado el 27 de febrero de 2016 en: <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catgenyeco/Materiales/2011-12-07%20III2AmartyaSenCap8LaAgenciadelasMujeresyelCambioSocial.pdf>

Sherman F. 2012. Los sistemas socioecológicos, una aproximación conceptual y metodológica. *Jornadas de economía crítica Vol XIII* pp265-280. Sevilla España.

Sierra C. 2001. Fertilización en vides de mesa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigaciones Intihuasi (La Serena) Boletín INIA No 74, 56 p

Toro P., García A., Gómez-Castro A.G., Perea J., Acero R., Rodríguez-Estévez V. 2010. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia* 59: 71-94.

Torres L. P., Rodríguez S. L., Sánchez J. O. 2004. Evaluación de la sustentabilidad del desarrollo regional. El marco de la agricultura. *Región y Sociedad XVI* (29): 109-144.

Touraine A. 2006. Los movimientos sociales. *Revista Colombiana de Sociología* 27:255-278.

Turco J. 2012. ¿Desarrollo sustentable? Según el cristal... Informe de coyuntura: cambio climático. Secretaría de Relaciones Exteriores.

Turiján T., Damián M. Á., Ramírez B., Juárez J. P., & Estrella N. 2012. Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1085-1100..

UNICEF 2009. (s.f.) recuperado el 22 de junio de 2015 de <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17046.htm>.

Valcárcel, M. 2006. Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo. Documento de investigación. *Departamento de Ciencias Sociales. Pontificia Universidad Católica del Perú*.

Walkley A., Black A. 1934. An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38

Xolocotzi, E. H. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio exterior*, 3 (8). Pp.673-678.

Yúñez A. 2010. Los grandes problemas de México. Vol XI. Economía rural. Capítulo 3: uso de suelo ¿Conservacion o desarrollo?. Pp 95-144.