

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Estudio Agroecológico Comparativo y de Rendimiento del Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en Cuatro Niveles de Altitud en el Municipio de San Juan Tabaá, Villa Alta, Oaxaca

Por:

ABDIEL LOPEZ FABIAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Estudio Agroecológico Comparativo y de Rendimiento del Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en Cuatro Niveles de Altitud en el Municipio de San Juan Tabaa, Villa Alta, Oaxaca

Por

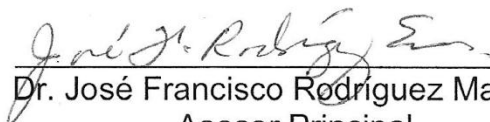
ABDIEL LOPEZ FABIAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA


Aprobada



Dr. José Francisco Rodríguez Martínez
Asesor Principal



M.C. Sofía Comparán Sánchez
Coasesor



M.C. Laura María González Méndez
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.
Febrero de 2014.

“No basta dar pasos que puedan conducir hasta la meta; sino que cada paso sea una meta, sin dejar de ser un paso”.

JOHANN PETER ECKERMAN

Dedicatoria

A mi señor “Jesucristo”, a este rey soberano, por sus tantas bendiciones que ha derramado sobre mi vida durante esta trayectoria. Gracias Dios mío.

A mi gran amigo, a mi consejero, y digno de ser llamado Un Padre, Mateo Adolfo López Medrano, y a la más linda mujer que me ha enseñado tanto, aun con su edad, jamás deja de sorprenderme, mi Madre, María Margarita Fabián Mendoza. A mis hermanos. Los amo

A mi prestigiosa Universidad “UAAAN” a mi casa dorada. Gracias.

Agradecimientos

- Agradezco humildemente al Dios todo poderoso, por haberme facilitado la obtención de un Título Universitario.
- Agradezco profundamente a mis Padres y hermanos por sus apoyos, morales y económicos.
- A mi tan preciada Universidad “UAAAN” la que siempre tendrá un lugar muy especial dentro de mi corazón.
- Agradezco de manera muy especial al Dr. José Francisco Rodríguez Martínez, por su tan valiosa colaboración para la obtención de este proyecto de tesis. Dios lo seguirá llenando de muchas y grandes bendiciones.
- Agradezco a mis coasesores, M.C. Sofía Comparan Sánchez, M.C. Laura María González Méndez, y al Biólogo Miguel Agustín Carranza Pérez. Por su apoyo a este proyecto.
- A todos mis grandes amigos, en especial a una amiga, a una hermana, a una novia, Gracias Luu, esto es, solo el comienzo, de nuestros grandes éxitos por la vida. Te amo

INDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice de contenido.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Resumen.....	v
INTRODUCCION.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA	
Agroecología y sistemas agrarios sustentables.....	4
Principios de la agroecología.....	8
Productividad agroecológica.....	11
Agricultura ecológica sostenible.....	16
Agroecosistema sostenible.....	17
La certificación.....	18
Sistema y producción global.....	20
Cultivos agroecológicos.....	23
Producción agroecológica de la caña de azúcar.....	24
Botánica de la caña de azúcar	
Sistema radical.....	25
Tallo.....	26
Hoja.....	26
Inflorescencia.....	27
Requerimientos edafoclimaticos de la caña de azúcar	
Edáficos.....	27
Climáticos.....	27
MATERIALES Y METODOS	
Descripción del sitio.....	28
Procedimiento de la investigación.....	31
RESULTADOS	
Rendimiento del cultivo.....	35
Practicas agroecológicas.....	57
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
LITERATURA CITADA.....	63
ANEXOS.....	73

INDICE DE CUADROS

1.- Agricultura Ecológica Mundial.....	22
2.- Aspectos edáficos y climáticos de las zonas Experimental.....	29
3.- Variables fisiológicos y respectivo método de Análisis.....	34
4.- Variables edáficos y respectivo método de análisis	34
5.- Análisis de varianza y comparación de medias de variables Fisiológicas del cultivo de caña en cuatro niveles de altitud en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca.....	41
6.- Análisis de Varianza y comparación de medias de la temperatura del suelo y ambiente del cultivo de caña en cuatro niveles de altitud del Municipio de San Juan Tabaa Oaxaca.....	46
7.- Análisis de Varianza y comparación de medias del análisis químico del suelo del cultivo de caña de azúcar en cuatro niveles de altitud en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca.....	54
8.- Análisis de varianza y comparación de medias de las propiedades físicas del suelo de un cultivo de caña de azúcar en cuatro niveles de altitud en el Municipio de San Juan Tabaa , Oaxaca.....	57
9.- Análisis de prácticas agroecológicas presentes en cuatro niveles de altitud de un cultivo de caña de azúcar en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca.....	60

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la altitud idónea para el establecimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) a través de un estudio comparativo de calidad y rendimiento, logrando plantear estrategias agroecológicas para la mejora productiva, en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca. Se evaluaron 4 tratamientos en 4 diferentes niveles de altitud (1731 msnm, 1650 msnm, 1123 msnm y 1000 msnm) empleando 2 repeticiones y un diseño experimental completamente al azar. Se evaluaron las diferentes variables fisiológicas de la planta (área foliar (Cm²), diámetro del tallo (Cm²), altura de la planta (m) y los grados brix (%)), el análisis físico-químico del suelo y las prácticas agroecológicas dentro de cada zona. Las altitudes 1000 y 1123 msnm (metros sobre el nivel del mar) mostraron los mejores resultados en los grados brix con 24% y en la altura de la planta. También obtuvieron la temperatura ideal para el cultivo (28°), y con suelos mejor condicionados en materia de nutrientes esenciales (Nitrógeno: 0.12 %, Fósforo: 28 ppm (partes por millón), Potasio: 550 ppm), aunque con la realización de cultivos mixtos o asociados podría incrementar notablemente la rentabilidad de la producción. Finalmente se permite concluir que las altitudes bajas son más favorables para el establecimiento del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que las altitudes elevadas.

Palabra Clave: msnm: metros sobre el nivel del mar, brix, ppm: partes por millón

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los principios agroecológico aplicados en los campos de cultivo, ha sido una respuesta relativamente reciente a la preocupación por la degradación de los recursos naturales asociados a la agricultura moderna. Ha provocado mucha discusión y promovido la necesidad de estar realizando ajustes en la agricultura convencional. (Altieri, 1994). En términos prácticos la aplicación de los principios agroecológicos se traduce en una serie de estrategias y sistemas alternativos que pretende estabilizar la producción, bajar los riesgos y adaptarse a las condiciones biofísicas imperantes. (Altieri, 1996)

Investigaciones realizadas por Miguel A. Altieri y Clara Ines Nicholls (2002) en una zona cafetalera. A través un manejo agroecológico se demostró la efectividad existente en la sostenibilidad de acuerdo a los valores asignados a calidad de suelo y salud del cultivo, la cual fue medida en forma comparativa y relativa, comparando la evolución de un mismo sistema a través del tiempo, y comparando dos o más agroecosistemas bajo diferentes manejos o estados de transición. Así mismo el manejo agroecológico en cultivos hortícolas e intensivos ha generado grandes posibilidades de incrementar la máxima calidad y sanidad utilizando técnicas que no impliquen el uso fitosanitario ni

de abonos químicos, siguiendo los ciclos de la naturaleza y garantizando la sostenibilidad ecológica y social. (Heras y Fabeiro 2003).

En la reserva natural el Hatico, Colombia, se dio seguimiento a un Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos en la cual se llegó a tener una mayor producción de tallo en los lotes, incrementando el rendimiento productivo. También los beneficios en el suelo fueron muy notorios en cuanto a propiedades físicas, químicas y biológicas. (Hernán *et al.*, 2012). Un estudio realizado en el Soconusco Chiapas, demostró que la caña de azúcar incrementa la producción de biomasa, altura, diámetro, número de tallos y pureza del jugo al intercalar dentro de la parcelas plantas de maíz y pepino con tres tipos de riego (Jürgen *et al.*, 2005), lo que de alguna forma resulta similar con el manejo de Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal conjuntamente con labores agroecológicos dentro del cultivo de la caña de azúcar según Torriente y Verena (2010).

La agricultura convencional de la caña de azúcar; enfrenta una crisis ambiental por el uso de prácticas agrícolas intensivas basadas en el uso de altos insumos que conllevan a la degradación de los recursos naturales a través de procesos de erosión de suelo, salinización, contaminación con pesticidas, desertificación, pérdida de la fitomasa, y por ende reducciones progresivas de la productividad.

El manejo agroecológico en las áreas de cultivo de la caña de azúcar lejos de crear una decadencia en los diferentes niveles de ecosistemas, incrementa notoriamente la riqueza natural, creando un ciclo de nutrientes y minerales lo cual conlleva a incrementar la calidad del producto y un valor económico sostenible para familias campesinas.

OBJETIVO

Determinar la altitud idónea para el establecimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca, a través de un estudio comparativo de calidad y rendimiento ,logrando plantear estrategias agroecológicas para la mejora productiva.

HIPÓTESIS

La altitud de alguna de las unidades experimentales es significativamente más eficiente en calidad y rendimiento, en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca.

REVISIÓN DE LITERATURA.

Agroecología y sistemas agrarios sustentables

El concepto de agricultura sustentable es una respuesta relativamente reciente a la declinación en la calidad de la base de los recursos naturales asociada con la agricultura moderna. En la actualidad, la cuestión de la producción agrícola ha evolucionado desde una forma puramente técnica hacia una más compleja, caracterizada por dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas.

El concepto de sustentabilidad, aunque controvertible y difuso debido a la existencia de definiciones e interpretaciones conflictivas de su significado, es útil debido a que captura un conjunto de preocupaciones acerca de la agricultura, la que es concebida como el resultado de la coevolución de los sistemas socioeconómicos y naturales (Guzmán y Morales, 2012.). Un entendimiento más amplio del contexto agrícola requiere el estudio de la agricultura, el ambiente global y el sistema social, teniendo en cuenta que el desarrollo social resulta de una compleja interacción de una multitud de factores. Es a través de esta más profunda comprensión de la ecología de los sistemas agrícolas, que se abrirán las puertas a nuevas opciones de manejo que estén más en sintonía con los objetivos de una agricultura verdaderamente sustentable.

El concepto de sustentabilidad ha dado lugar a mucha discusión y ha promovido la necesidad de proponer ajustes mayores en la agricultura convencional para hacerla ambientalmente, socialmente y económicamente más viable y compatible.

Se han propuesto algunas posibles soluciones a los problemas ambientales creados por los sistemas agrícolas intensivos en capital y tecnología basándose en investigaciones que tienen como fin evaluar sistemas alternativos (Altieri, 1992). El principal foco está puesto en la reducción o eliminación de agroquímicos a través de cambios en el manejo, que aseguren la adecuada nutrición y protección de las plantas a través de fuentes de nutrientes orgánicos y un manejo integrado de plagas, respectivamente.

A pesar que han tenido lugar cientos de proyectos orientados a crear sistemas agrícolas y tecnologías ambientalmente más sanas, y muchas lecciones se han aprendido, la tendencia es aun altamente tecnológica, enfatizando la supresión de los factores limitantes o de los síntomas que enmascaran un sistema productivo enfermo. La filosofía prevaleciente es que las plagas, las deficiencias de nutrientes u otros factores son la causa de la baja productividad, en una visión opuesta a la que considera que las plagas o los nutrientes sólo se transforman en una limitante, si el agroecosistema no está en equilibrio (Vandemmer, 1995). Por esta razón, todavía persiste y prevalece la visión estrecha de que la productividad es afectada por causas específicas y

por lo tanto, que la solución de estos factores limitantes, mediante nuevas tecnologías, continúa siendo el principal objetivo.

Esta visión ha impedido a los agrónomos darse cuenta que los factores limitantes sólo representan los síntomas de una enfermedad más sistémica inherente a desbalances dentro del agroecosistema y han provocado una apreciación del contexto y la complejidad del agroecosistema que subestima las principales causas de las limitaciones agrícolas.

Por otro lado, la ciencia de la agroecología, que es definida como la aplicación de los conceptos y principios ecológicos para diseñar agroecosistemas sustentables, provee una base para evaluar la complejidad de los agroecosistemas. La idea de la agroecología es ir más allá del uso de prácticas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una dependencia mínima de agroquímicos y subsidios de energía enfatizando sistemas agrícolas complejos en los cuales las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biológicos proveen los mecanismos para que los sistemas subsidien la fertilidad de su propio suelo, la productividad y la protección de los cultivos.

Existe un creciente consenso entre los diferentes actores sociales e institucionales, en torno a la urgencia de encontrar alternativas de desarrollo rural desde la perspectiva de la sustentabilidad. En las diferentes estrategias encaminadas hacia la sustentabilidad rural, la agroecología, aparece como una

mirada alternativa, que ha demostrado su pertinencia para el cambio hacia agriculturas que sean más sustentables. La agricultura sustentable reconoce en su totalidad el sistema alimentario, la nutrición animal y la producción de fibra; en un balance equitativo entre el medio ambiente, la igualdad social y la viabilidad económica entre todos los sectores de la sociedad global, y con una perspectiva intra generacional (Gliessman, 2007).

La agroecología, responde al llamado de construir una agricultura sobre la base de la conservación de los recursos, de la agricultura tradicional, local y familiar, aunada a los conocimientos modernos de la ecología. La agroecología provee conocimientos y métodos para desarrollar una agricultura que sea por un lado, ambientalmente adecuada, y por otro, viable en términos productivos, sociales y económicos. La agroecología es definida como la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables (Gliessman, 2002).

La agroecología busca nuevos diseños de agriculturas más sustentables, desde un abordaje complejo y transdisciplinar, y debe ser entendida como un enfoque científico destinado a apoyar la transición desde los actuales modelos de desarrollo y agricultura convencionales hacia estilos de desarrollo rural y de agricultura más sustentables (Altieri y Jurvevic, 1991).

Principios de la agroecología

En la búsqueda por reinstalar una racionalidad más ecológica en la producción agrícola, los científicos y promotores han ignorado un aspecto esencial o central en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable: un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan.

Dada esta limitación, la agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, son culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables.

La agroecología va más allá de un punto de vista unidimensional de los agroecosistemas (su genética, edafología y otros) para abrazar un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de coevolución, estructura y función. En lugar de centrar su atención en algún componente particular del agroecosistema, la agroecología enfatiza las interrelaciones entre sus componentes y la dinámica compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1995). Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano.

La agroecología es el estudio holístico de los agroecosistemas, incluidos todos los elementos ambientales y humanos. Centra su atención sobre la forma, la dinámica y función de sus interrelaciones y los procesos en los cuales están envueltas. Un área usada para producción agrícola, por ejemplo un campo, es visto como un sistema complejo en el cual los procesos ecológicos que se encuentran en forma natural pueden ocurrir, por ejemplo: ciclaje de nutrientes, interacciones predador-presa, competencia, simbiosis y cambios sucesionales. Una idea implícita en las investigaciones agroecológicas es que, entendiendo estas relaciones y procesos ecológicos, los agroecosistemas pueden ser manejados para mejorar la producción de forma más sustentable, con menores impactos negativos ambientales y sociales y un menor uso de insumos externos.

El diseño de tales sistemas está basado en la aplicación de los siguientes principios ecológicos (Romero, 2009.)

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.

- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

Estos principios pueden ser aplicados a través de varias técnicas y estrategias. Cada una de ellas tiene diferente efecto sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro del sistema de finca, dependiendo de las oportunidades locales, la disponibilidad de recursos y, en muchos casos, del mercado. El objetivo último del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema. El objetivo es diseñar una trama de agroecosistemas dentro de una unidad de paisaje, miméticas con la estructura y función de los ecosistemas naturales.

Procesos Ecológicos que deben optimizarse en agroecosistemas

- Fortalecer la inmunidad del sistema (funcionamiento apropiado del sistema natural de control de plagas)

- Disminuir la toxicidad a través de la eliminación de agroquímicos
- Optimizar la función metabólica (descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes)
- Balance de los sistemas regulatorios (ciclos de nutrientes, balance de agua, flujo y energía, regulación de poblaciones, etc...)
- Aumentar la conservación y regeneración de los recursos de suelo y agua y la biodiversidad

Aumentar y sostener la productividad en el largo plazo.

Productividad agroecológica

Por generaciones y generaciones los alimentos fueron producidos por los agricultores en el marco de una equilibrada interacción con la naturaleza. La agricultura era una actividad a escala humana, orientada a satisfacer las necesidades de las personas y respetuosa del medio ambiente. Si bien modificaba la naturaleza, no la ponía en peligro. Aseguraba la conservación de los recursos naturales y tenía como centro la producción de alimentos suficientes y sanos (Altiere , 1992)

Sin embargo, a mediados del siglo veinte la producción agrícola sufrió grandes transformaciones. Los alimentos dejaron de ser el producto de una relación equilibrada entre el agricultor y la naturaleza y se convirtieron en

objeto de especulación, del cual lo único que realmente importaba era su valor de mercado. La razón de estos cambios no está, como muchas veces se sostiene, en la necesidad de producir más para alimentar a una población mundial en crecimiento. El hambre en el mundo no se debe a la insuficiente producción de alimentos, sino a una mala distribución de los mismos (Toledo, 1990)

Con el tiempo se ha pasado entonces de una agricultura a escala humana a otra de tipo industrial, que busca producir cada vez más, sin importar cómo ni a costa de qué. Esto ha sido logrado haciendo un uso cada vez más intensivo de maquinarias, sistemas de riego, semillas híbridas, fertilizantes químicos, agro tóxicos y, en los últimos años, semillas transgénicas. Estos elementos técnicos conforman un paquete tecnológico que aumenta la “productividad” de los predios, sin reparar en los costos sociales, ambientales económicos de esa manera de producir.

Ese tipo de agricultura industrial expulsa agricultores del campo e impone el monocultivo como práctica predominante de manejo. Esta generalización del monocultivo -espacial o temporal- no solo atenta contra la biodiversidad y promueve la aparición de plagas sino que profundiza la dependencia económica y la pérdida de soberanía alimentaria de cada productor, de cada región, de cada país. El uso de agrotóxicos (indisolublemente ligado a los

monocultivos) y de fertilizantes químicos que intentan paliar la sobreexplotación del suelo, contamina el suelo, el agua y el aire e implica un grave riesgo para la salud de las personas que producen y que consumen estos alimentos.

Cada vez más, la producción agrícola deja de estar en manos de agricultores y pasa a poder de grandes empresas, en tanto que los predios agrícolas se parecen cada vez más a grandes fábricas sin obreros. Afortunadamente, hoy existen productores que producen alimentos de otro modo. Saben que cultivar la tierra no tiene por qué ser sinónimo de agredirla. Saben que es posible controlar las plagas sin agrotóxicos y que se puede mejorar en vez de degradar el suelo al cultivarlo. A esta agricultura se la denomina agricultura agroecológica. Se trata de una manera de producir que no solo prescinde de los monocultivos, los agrotóxicos, los fertilizantes químicos y los transgénicos, sino que es también una forma de relacionarse con el otro y con la naturaleza.

Su principal objetivo no es obtener la mayor ganancia económica posible a cualquier costo sino producir de un modo que asegure el bienestar integral de los productores, de los consumidores y del medio ambiente. Esto no quiere decir que la producción agroecológica no deba ser económicamente rentable para el productor, sino que dicha rentabilidad debe ser medida en términos de

sustentabilidad a largo plazo. La producción agroecológica no solo es posible y necesaria, sino que está siendo puesta en práctica, en diferentes grados, por predios productivos en todo el país. Conjugando el conocimiento tradicional de los agricultores con elementos de la ciencia moderna, establece un diálogo de saberes que conforman una serie de principios ecológicos y agronómicos que la guían.

Más sin embargo netamente se ha considerado las prácticas agroecológicas como incrementos en la productividad. Se han comparado los efectos de 286 proyectos recientes de agricultura sostenible aplicados en 57 países pobres en una superficie total de 37 millones de hectáreas (el 3% de la superficie cultivada en los países en desarrollo). Concluyeron que esas intervenciones habían aumentado la productividad de 12,6 millones de explotaciones agrícolas, con un aumento medio de la cosecha del 79%, a la vez que habían mejorado la oferta de servicios ambientales esenciales. Los datos desglosados de esta investigación indicaron que la producción media de alimentos por hogar aumentó en 1,7 toneladas anuales (hasta un 73%) para 4,42 millones de pequeños agricultores que cultivaban cereales y tubérculos en 3,6 millones de hectáreas, y en 17 toneladas anuales (hasta un 150%) para 146.000 agricultores que cultivaban tubérculos (papa, camote, yuca) en 542.000 h. Posteriormente, la UNCTAD y el PNUMA volvieron a analizar la base de

datos para elaborar un resumen del impacto en África y constataron que el aumento medio del rendimiento de la cosecha en estos proyectos fue aún mayor que el promedio mundial (79%), situándose en un 116% para todos los proyectos de África y en un 128% para los proyectos del África oriental (Guzman, *et al.*2012)

El más reciente estudio a gran escala llega a las mismas conclusiones. Una investigación encargada por el proyecto de Previsiones del Gobierno del Reino Unido sobre el Futuro de los Alimentos y la Agricultura Mundiales examinó 40 proyectos de 20 países africanos en los que se impulsó la intensificación sostenible durante la década de 2000. Los proyectos abarcaban, entre otros componentes, actividades de mejora de las cosechas (en particular mediante fitogenética participativa en los hasta entonces ignorados cultivo huérfanos), lucha integrada contra las plagas, conservación de suelos y agroforestería. A principios de 2010 estos proyectos habían reportado beneficios para 10,39 millones de agricultores y sus familias y mejoras en aproximadamente 12,75 millones de hectáreas. El rendimiento medio de las cosechas se duplicó holgadamente (se multiplicó por 2,13) durante un período de entre 3 y 10 años, lo que dio lugar a un incremento de la producción total de alimentos de 5,79 millones de toneladas al año, equivalente a 557 kg por cada familia de agricultores (Schutter 2013.)

Agricultura Ecológica Sostenible

La agricultura orgánica según la Comisión del Codex Alimentarius de la FAO se define como: " un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Esto se consigue aplicando, siempre que es posible, métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema "IFOAM (Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica), la principal organización mundial, define como agricultura orgánica o ecológica a "todos los sistemas agrícolas que promueven la producción sana y segura de alimentos y fibras textiles desde el punto de vista ambiental, social y económico. Estos sistemas parten de la fertilidad del suelo como base para una buena producción, respetando las exigencias y capacidades naturales de las plantas, los animales y el paisaje, busca optimizar la calidad de la agricultura y el medio ambiente en todos sus aspectos. La agricultura orgánica reduce considerablemente las necesidades de aportes externos al no utilizar abonos químicos ni plaguicidas u otros productos de síntesis. En su lugar permite que sean las poderosas leyes de la Naturaleza las que incrementen tanto los rendimientos como la resistencia de los cultivos"

El profesor Miguel Altieri define la agroecología como la ciencia que provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura que sea ambientalmente adecuada, altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable. La agroecología es una disciplina científica que utiliza la teoría ecológica para estudiar, diseñar, gestionar y evaluar los sistemas agrícolas para que sean productivos pero conservándolos. Para concluir, podemos decir que la agricultura ecológica, biológica u orgánica no consiste, solamente, en substituir insumos de síntesis química por otros de origen natural si no en un nuevo concepto de gestión de los agro ecosistemas.

Agroecosistema Sostenible

Los principios básicos para que un agroecosistema sea sostenible son:

- La conservación de los recursos o bienes renovables
- La adaptación del cultivo al ambiente.
- El mantenimiento de un moderado pero sostenible nivel de productividad
- Elementos y criterios para diseñar ecosistemas agrícolas sostenibles.
- Reducir el uso de la energía y de los recursos o bienes no renovables.
- Conseguir que la relación entre producción/insumo sea alta.
- Reducir la pérdida de nutrientes.

- Mejorar la recirculación de nutrientes fomentando las leguminosas, abonos naturales o verdes, compost y la práctica de las rotaciones de cultivos.
- Promover la producción local de alimentos adaptados al ambiente natural y el entorno socioeconómico.
- Minimizar la degradación de los suelos.
- Garantizar la cubierta vegetal como medida para la conservación del suelo y el ahorro del agua a través de las diferentes técnicas de laboreo del suelo.
- Aportación regular de materia orgánica.
- Favorecer la fauna beneficiosa o auxiliar e incrementar la diversidad biológica.

La certificación.

La producción agrícola ecológica, biológica u orgánica debe cumplir un conjunto de normas que establecen los organismos responsables de garantizar que aquellos productos sean ecológicos. En muchos casos quienes establecen estas normas son los gobiernos u otros organismos de carácter regional como puede ser la Unión Europea. Pero muchas de estas normas proceden de criterios técnicos y científicos proclamados por distintas organizaciones de

estudio y fomento de la agricultura orgánica como es el caso de IFOAM. Muchos estados aceptan como norma las directrices de este organismo.

Independientemente de la normativa obligatoria existen diversas empresas de carácter público o privado que ostentan la competencia para certificar los productos agrarios ecológicos. Ellas son las responsables de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos por la normativa vigente.

La definición de las AEs (Agricultura Ecológica Sostenible) basada en la incorporación de principios ecológicos y en la negación de la agricultura convencional, ha sido primordial en sus comienzos, desde el punto de vista político, ya que en los años 70 se deseaba establecer un proceso de legitimación del “nuevo paradigma” frente al “convencional”. La producción de impactos ecológicos negativos por la agricultura moderna fue el punto de comunión. Las grandes distancias entre el conjunto de las

AEs y la agricultura moderna hacían parecer pequeñas las diferencias entre aquellas. Por lo tanto, existía un proyecto bastante compartido, referido a la construcción de alternativas de manejo portadoras de las conversiones ecológicas necesarias para superar la degradación del medio natural que acompaña a la agricultura convencional. Asimismo, el discurso de gran parte de las corrientes de AE convergía en el sentido de que, aparte de la inserción de un conjunto de variables ecológicas, también era necesario encarar las dimensiones social y económica. Muchos grupos incluso avanzaban más,

abogando por la necesidad de establecer cambios políticos concretos en el modelo agrícola y el económico (Toledo 1990)

Sistema y producción global

La AE ha crecido notablemente a nivel mundial en las dos últimas décadas. El Cuadro 1 presenta la estructura espacial de la agricultura ecológica en los años 1999 y 2008. El fenómeno general que se puede observar en este corto periodo de tiempo es la pérdida de importancia relativa de este estilo de manejo en Europa, América del Norte y Oceanía con respecto de América Latina, Asia y África, mostrando un ritmo de crecimiento especialmente alto en estas últimas.

En efecto, en 1999 más del 68% de las explotaciones que practicaban la agricultura ecológica se encontraban en Europa, principalmente en los países de la Unión Europea (UE), abarcando alrededor del 33% de la superficie registrada como tal.

Estos porcentajes han disminuido hasta alrededor del 16% y 23,4%, respectivamente, en 2008, a pesar de que tanto las explotaciones como la superficie se han incrementado considerablemente, sobre todo en países como Italia, Alemania, Reino Unido, España y Francia (Red, 2009). En dicho periodo, América Latina ha alcanzado cuotas similares a Europa, pasando de representar el 20,4% de las explotaciones y el 5,7% de la superficie mundial en 1999, al 18,9% de las explotaciones y el 23% de la superficie en 2008.

Por países, en el año 2008, destacaban con más de un millón de hectáreas: Australia con 12 millones de hectáreas; Argentina con algo más de 4 millones; el tercer lugar lo ocupa China con 1,85 millones, seguida de Estados Unidos (1,82), Brasil (1,77), España (1,13), India (1,02) e Italia (1,00). No obstante, en valores relativos respecto a la Superficie Agraria Útil, los países europeos lideran la clasificación (Willer y Kilcher 2010).

Las razones de este crecimiento son múltiples y específicas para cada país o región. Para la Unión Europea habría que citar la vocación agraria de los distintos países, el grado de presión de los movimientos socio ambientalistas, la concientización de los ciudadanos que determina la demanda interna, la organización del sector productor, el desarrollo de la agroindustria y el soporte gubernamental, entre otros. En Latinoamérica la agricultura ecológica comenzó a desarrollarse, como una estrategia orientada a enfrentar la crisis rural a partir de tres objetivos; la autosuficiencia alimentaria familiar, el cuidado de los recursos naturales y la reducción de los costos de producción. Los proyectos iniciales fueron realizados por grupos de campesinos e indígenas, acompañados generalmente por organizaciones comunitarias y no gubernamentales. Al paso del tiempo y con la participación de grupos de consumidores, ecologistas, universidades y en algunos casos de los gobiernos locales, la agricultura ecológica fue creciendo consistentemente y en la

actualidad, ocupa 8 millones de hectáreas, con un incremento del 25% entre 2007 y 2008 (Willer y Kilcher, 2010).

Dos cuestiones relevantes surgen del análisis de la evolución de la AE en estas dos regiones. La primera es si esta transformación nos está permitiendo avanzar hacia una mayor sustentabilidad desde el punto de vista agroecológico. La segunda es si los efectos son similares para Europa y América Latina, ya que ambas regiones parten de situaciones muy dispares en cuanto a la intensidad de su agricultura, la orientación de sus mercados o la pervivencia de campesinado. En el próximo epígrafe trataremos de abordar estos aspectos.

Cuadro 1. Agricultura Ecológica Mundial

Zonas	Explotaciones		Superficie	
	(N)		(Ha)	
CONTINENTALES	1999	2008	1999	2008
OCEANÍA	1.960	7.749	5.309.500	12.140.170
EUROPA	127.450	220.000	3.503.703	8.176.075
AMÉRICA DEL NORTE	8.540	14.062	1.063.840	2.449.641
AMÉRICA LATINA	37.890	260.000	599.970	8.065.890
ASIA	9.290	400.000	44.430	3.293.945
ÁFRICA	660.000	470.000	21.900	880.890
MUNDO	185.790	1.378.372	10.543.370	35.006.557

Fuente: Alonso y Guzman (2010); Willer y Kilcher (2010).

Por otra parte tenemos que en California la fruta agroecológica llega al 2%, pero hace cuatro años era de 0,5%, lo que indica un crecimiento exponencial y hablamos de agricultores que aplican la totalidad de los conceptos, porque hay otros que lo hacen en parte.

En Chile se difundió intensamente a fines de los años 80 por Organizaciones no Gubernamentales (ONGs). El trabajo se ha mantenido a nivel de agricultura campesina, no obstante, según Altieri, 1994, Chile lleva la delantera al usarla en proyectos de gran escala. “Aquí se ha adelantado el uso de la agroecología a escala comercial como en California, donde hay viñedos que trabajan con este concepto hace ya varios años”, asevera.

Con agroecología a menor escala tienen presencia Perú y Nicaragua. El caso de Brasil también se liga con la agricultura familiar, “pero son 4.8 millones de familias que producen el 70% de los alimentos”, especifica y agrega que por su gran incidencia en la seguridad alimentaria el gobierno ha dedicado muchos recursos a investigación, educación y capacitación en el tema (Bengtsson, *et al.* 2005)

Cultivos agroecológicos

En investigaciones realizadas por Huato *et al* (2010) al cultivar maíz de forma convencional y agroecológica encontraron al contrastar los rendimientos por hectárea de los dos tipos de sistemas de producción que hubo una mayor productividad cuando el maíz se manejó de forma agroecológica, aun cuando el manejo convencional presentó diferencia estadística. Finalmente demostraron que el manejo agroecológico del maíz presta servicios

ambientales a la humanidad ya que captura bióxido de carbono, amortiguando el calentamiento del globo terráqueo.

Gutierrez *et al* (2001) al evaluar el rendimiento y nodulación del frijol *Vigna unguiculata* L. Walp bajo dos sistemas de labranza en las condiciones agroecológicas mostraron que los dos sistemas de labranza fueron estadísticamente similares para las variables número de granos/vaina, rendimiento por hectárea, número de nódulos por planta y peso seco de nódulos por planta. Bajo el sistema cero labranzas obtuvieron la mayor ganancia neta.

Producción agroecológica de Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Después de veinte años de investigación sobre el impacto de la quema antes y después de la cosecha del cultivo de caña de azúcar, en la Reserva Natural El Hatico, se ha llegado a obtener mayor producción de tallo en los lotes sin quema comparados con los tratamientos quemados y los beneficios en el suelo son notorios en las propiedades físicas, químicas y biológicas (Delgadillo, 1994; Arias, 1994; Sadeghian, 1998). Para el año 2011 se obtuvieron producciones entre 9 y 11 toneladas de caña por hectárea mes (TCHM) con un promedio de 12 cortes en las fuertes cosechadas (Hernán., *et al* 2012).

Por otro lado Jimenez *et al* (2004) al estimar desde el punto de vista agroecológico las zonas aptas potenciales para el cultivo de caña de azúcar en el sur del estado de Tamaulipas, encontraron que del total de la superficie evaluada (1 454 794.0 ha), el 30.6% (446 021.0 ha) se clasificó como Muy Apta (MA), el 9.9% (145 104.9.0 ha) como Apta (A), cuyas restricciones fueron por Unidades de suelos, el 0.03% (559.5 ha) se clasificó como marginalmente Apta (mA), con restricciones por la Pendiente de los suelos en estudio y el 59.5% (863 108.9 ha) restante, correspondió a la clase No Apta para el cultivo.

Investigaciones realizadas por Jürgen *et al* (2005) al plantar caña como monocultivo y con cultivos intercalados (maíz, pepino) y tres tipos de riego (riego con agua subterránea; riego con agua residual; sin riego) encontraron que la caña verde como monocultivo sobresalió significativamente en todos los componentes de crecimiento, rendimiento, fertilidad del suelo y biodiversidad de los sistemas tradicionales con quema. La caña plantada con cultivos intercalados alcanzo el mismo rendimiento como la caña limpia, presentando mayor estabilidad y diversidad ecológica.

Botánica de la caña de azúcar.

Sistema radical

Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son

profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso (Subirós, 2000; Romero, 2009).

Tallo

La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, estos compuestos por una parte sólida llamada fibra y por una parte líquida, el jugo, que contiene agua, y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas.

La hoja

Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema. Nacen en los entrenudos del tallo a medida que la caña se desarrolla, las hojas banderas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazados por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta (Subirós, 2000; Romero, 2009)

La inflorescencia.

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variable, características de cada cultivar o variedad usada, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica (Romero, 2009.)

Requerimientos edafoclimaticos del cultivo de caña de azúcar.

Edáficos

Este cultivo se desempeña bien en suelos, profundos y fértiles. Si se cuenta con riego podremos lograr mejores rendimientos que en suelos sin regar. Puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con un buen drenaje. No se recomienda para suelos franco-limosos y limosos. Se adapta a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3 (Subirós, 2000; Romero, 2009).

Climáticos

Esta especie es típica de los climas tropicales y puede producirse hasta los 35 grados latitud norte y sur. Se desempeña mejor en altitudes que van desde 0 a 1,000 metros

sobre el nivel de mar, aunque los requerimientos obtenibles hasta 1500 metros son económicamente aceptables. Se desempeña bien con una temperatura media de 24 °C, además de una precipitación anual de 1500 mm bien distribuidos durante su ciclo de crecimiento.

Cuando las temperaturas en la noche y del día son uniformes, la caña no cesa de crecer y en sus tejidos siempre habrá alto porcentaje de azúcares reductores. Las variaciones de temperatura superiores a 8°C son muy importantes en la fase de maduración, porque ayuda a formar y a retener la sacarosa. A mayor radiación solar, habrá mayor actividad fotosintética y mayor translocación de los carbohidratos de las hojas al tallo, produciendo tonelajes más altos de azúcar en la fábrica (Subirós, 2000; Romero, 2009).

MATERIALES Y METODOS.

Descripción del Sitio

La presente investigación se realizó en el Municipio de San Juan Tabaa el cual se localiza en la parte noreste del estado de Oaxaca, en las coordenadas 96°12' longitud oeste, 17°18' latitud norte y a una altura de 1,360 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el Municipio de: San Cristóbal Lachirioag; al sur con San Baltazar Yatzachi el Bajo; al oeste con San Andrés Solaga; al este con San Andrés Yaa y San Melchor Betaza. La superficie total

del municipio es de 26.79 km² y con relación al estado es del 0.03%. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 153 kilómetros.

El clima predominante es de tipo Templado, moderado, lluvioso de invierno seco y el aire dominante es el del norte durante todo el año. En la parte alta de la comunidad se encuentra el clima semicaldo con lluvias en verano, templado lluvioso desplazándose hacia el otoño con temperatura media anual de 20°, con poca oscilación anual de las temperaturas mensuales, aunque existen meses más calientes antes de la oscilación de verano. En la parte baja o tierra caliente se presenta temperatura media anual de 28°C. La precipitación media anual en la parte alta es de 1100 mm y en la parte baja es de 1000mm (Cuadro No 2).

Cuadro No 2. Aspectos edáficos y climáticos de las zonas experimentales

Zonas experimentales	Tratamiento	Msnm.	Temperatura media mensual (C°).	Temperatura media anual (C°).	Precipitación media mensual (mm).	Precipitación media anual (mm).	Tipo de clima.	Tipo de suelo
Parte Alta	1	1731	20	23	250	1200	Templado Humedo	Migajon
Parte Alta	2	1650	19	21	230	1100	Templado humedo	Migajon
Parte Baja	3	1123	30	28	180	1000	Calido Semihumedo	Arcilloso
Parte Baja	4	1000	39	27	190	1000	Calido Semihumedo	Arcilloso

Los suelos presentes en la comunidad (Cuadro No2) son: el lluvioso ortico, que se caracteriza por tener un gran enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, fertilidad , moderada, frecuentemente rojos o claros que en ocasiones se presentan en tonos pardos o grises sin llegar a ser muy oscuros; Migajon, son

suelos jóvenes y pocos desarrollados, se caracterizan por tener una capa de tierra arcillosa en el subsuelo que algunas ocasiones se agrietan, acrisol, vertico y litosoles estos son de vocación forestal; aunque el uso general que se les ha dado es agrícola.

En la parte alta de la comunidad, el ecosistema se caracteriza por ser un bosque mesófilo de montaña, en el cual se diversifican amplias especies de coníferas, oyameles, encinos, robles, entre otros, con doseles de diferente estructura, incluyendo los pequeños helechos. Dos de las zonas experimentales estudiadas (1731 y 1650 msnm) están ligadas a este ecosistema. La estrategia de producción que los productores empuñan, se basa en algunas de las prácticas agroecológicas que se mencionan en el apartado de discusión y resultados.

En la parte baja de la comunidad encontramos un bosque tropical caducifolio, en donde las grandes masas de producción agrícola han estado constantemente acabando con la diversidad de especies tanto de flora como de fauna. Sin embargo el clima seco en verano es característico de esta zona, dentro la cual el cultivo de caña se ha ido desarrollando. El sistema de producción de los campesinos es similar a la que se ejerce en la parte alta de comunidad.

Procedimiento de la investigación.

Para la realización del trabajo se tomaron en cuenta cuatro niveles de altitud situadas en la parte alta, y en la parte baja de la comunidad.

Como primer punto se realizó una encuesta a los productores de la caña de azúcar los cuales fueron elegidos por la importancia altitudinal y ecológica de las zonas, con la finalidad de plasmar el método de producción que se ha venido manejando. El formato de entrevista aparece en el anexo 1.

Las variables evaluadas dentro de la investigación fueron: análisis físico-químico del suelo, área foliar (Cm^2), diámetro del tallo (Cm^2), altura de la planta (m), humedad del tallo (%), temperatura (suelo y medio ambiente) y los grados brix, con un total de dos muestreos. Los métodos de análisis serán descritos a continuación mismos que se mencionan en el Cuadro No1.

Para el análisis estadístico se seleccionó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones. Los tratamientos fueron: cuatro niveles de altitud y el manejo agroecológico de cada zona: 1.- Parte alta; situado a 1731 Metros sobre el nivel del mar; 2.- Parte Alta: Situado a 1650 Metros sobre el nivel del mar; 3.- Parte baja; situada a 1123 metros sobre el nivel del mar y 4.- Parte baja: situada a 1000 Metros sobre el nivel del mar.

Dentro del análisis físico-químico del suelo se incluyeron, la conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, determinación de la textura, determinación de la materia orgánica presente, determinación de Carbono (C) orgánico , Fosforo (P) soluble, Nitrógeno (N) , Amonio intercambiable, determinación de Potasio (K) , Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) intercambiable, el contenido de humedad y el pH del suelo. Los muestreos fueron de 500 g de suelo colectándose a manera de zig-zag, teniendo al final un total de 2muestras por cada tratamiento. Todo el análisis (excepto el pH y la cantidad de humedad) se llevaron a cabo en el laboratorio de Servicio generales en el departamento de Suelos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro(UAAAN).

El contenido de humedad se estimó en base a peso húmedo y peso seco del suelo. Este trabajo se realizó con la ayuda de una estufa secadora Modelo: AR-290; Marca: Felisa, en el laboratorio de Biología Departamento de Botánica, de la UAAAN. Sometiendo el suelo a una temperatura de 72° durante un periodo de 24 horas y aplicando el método tradicional de determinación de humedad del suelo (Peso del agua existente en la masa del suelo/ peso de la partículas sólidas, multiplicando el resultado por 100), se obtuvo el porcentaje de humedad (Cuadro 4). El pH se obtuvo con un

Peachimetro Modelo HI 98 127 en cada una de las áreas elegidas en los cuatro niveles de altitud.

El área foliar fue calculada con un medidor de área foliar modelo: LI-3000C., en la etapa final del cultivo (Cuadro 3) (cosecha) se colectaron las hojas de la planta para posteriormente prensarla y ser llevadas al Laboratorio de Fisiología Vegetal en el Departamento de Botánica de la UAAAN donde se realizó el análisis correspondiente

Para estimar el porcentaje de humedad del tallo (Cuadro 3) se usó una estufa secadora Modelo: AR-290; Marca: Felisa, del laboratorio de Biología Departamento de Botánica, de la UAAAN. Se seccionó el tallo en trozos de tal manera que se pudiera acomodar dentro de la estufa, sometiéndolo a una temperatura de 85° por un periodo de 72 horas. El diámetro de la altura de la planta se determinó con una cinta metálica facilitando el trabajo.

La temperatura la cual se le considera un factor sumamente importante para el desarrollo y crecimiento de todo tipo de cultivo fue calculada con un termómetro digital modelo MC1000 tanto en suelo (a una profundidad de 25cm) como en la superficie de cada una de las parcelas (Cuadro 3)

Finalmente los grados brix se analizaron con un refractómetro Modelo 300003 (Cuadro 3). Estos datos fueron requeridos para estimar la cuantificación de los Sólidos Solubles presentes en el jugo de la caña, que

corresponden a la totalidad de sustancias azucaradas solubles presentes (Gramos de Sacarosa por 100 mililitro de solución). Para la producción del piloncillo o sus derivados, es ideal que su contenido sea lo más alto posible, dado que de esa forma se aseguran mayores rendimientos o cantidades a producir por unidad de caña molida. Su determinación se realizó aprovechando dos propiedades físicas del jugo o solución como son el Índice de refracción y la Densidad.

Finalmente los resultados fueron analizados en el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo, presentándose en forma de cuadros, siendo descritos y posteriormente discutidos.

Cuadro No 3: Cuadro de variables Fisiológicos y respectivos métodos de análisis

Variable	Metodo Analitico
Grado Brix	Refractometro Modelo :300003.
Area Foliar	Medidor de Are foliar Modelo: LI-3000 C.
Humedad del tallo	Estufa secadora Modelo: AR-230
Temperatura	Termometro digital Modelo: MC1000

Cuadro No 4: Cuadro de variables edáficas y respectivos métodos de análisis.

Variable	Metodo Analitico
PH	Peachimetro Modelo: HI 98127
Humedad	Estufa secadora Modelo: AR 290
Analisis fisico-quimico	Se estiamron en el Laboratorio de servicio generales, del Departamento de suelo. UAAAN.

RESULTADOS

En relación al rendimiento del cultivo a diferentes altitudes en el Municipio de San Juan Tabaa, los resultados se presentan a continuación.

En el cuadro 5 podemos observar los resultados obtenidos de las variables: Diámetro del tallo, Altura de la planta, Área Foliar, Grados Brix y el % de humedad del tallo, los cuales fueron considerados antes del espigado, donde la cantidad de sacarosa ha sido sintetizada.

En la variable diámetro del tallo (Cm^2) se aprecia una diferencia altamente significativa (Tukey ≤ 0.01) entre los tratamientos (Cuadro5) con un 4.65% de Coeficiente de Variación (Es decir la dispersión o separación porcentual de los datos), en donde las parcelas situadas a 1731 Metros sobre el nivel del mar (Msnm) y 1560 Msnm, fueron estadísticamente similares arrojando los mejores resultados aunque numéricamente la parcela situada a 1731 Msnm obtuvo resultados un poco más elevados.

La población de tallos es otra característica que tiene incidencia en la calidad de la caña de azúcar y estos resultados indican que en la parte alta de la comunidad el tallo de la caña de azúcar, es sumamente más vigoroso, y con mayor volumen, favoreciendo de alguna manera a los productores ya que es el órgano de mayor importancia desde el punto de vista económico debido a que en él se almacenan los carbohidratos, producto de la fotosíntesis de la

planta (Subirós , 2000) así como otros compuestos tales como; agua y sólidos, en donde incluyen , solidos solubles (brix) y fibra (seca) (Larrahondo, 1995).

Otra de las características observadas, es el tamaño de los entrenudos de la caña de azúcar, en donde se observó que las plantas cultivadas a altitudes más elevadas (1731 y 1560 msnm.) presentaron mayor longevidad del tallo, (Tukey ≤ 0.01) que las cultivadas en las partes bajas (Cuadro 5), lo que indica la calidad que presentan las plantas de altitudes mayores ya que se sabe que las condiciones de desarrollo del cultivo tiene mayor impacto en la longitud de los entrenudos así como el diámetro del tallo de la planta, siendo ésta de especial importancia incluso para la cosecha del cultivo (Larrahondo, 1995).

En la altura de la planta (Cm^2) en el cuadro 5 se observa una diferencia altamente significativa (Tukey ≤ 0.01) entre cada una de las altitudes, , en donde el cultivo situado a 1000 msnm obtuvo resultados estadísticamente mayores, seguido de la parcela situada a 1731 msnm. Lo que indica que las plantas de caña de azúcar cultivadas en la parte baja son de un volumen mucho mayor que las cultivadas en la parte alta de la comunidad.

La altura de la caña de azúcar es tanto una característica de la variedad como el resultado de su medio ambiente (Inifap, 2005), la elongación y desarrollo de los entrenudos es una característica muy importante que proporciona a la

planta una mayor altura, y mayor cantidad de biomasa. Sin embargo aun cuando los entrenudos sean relativamente cortos es posible que la planta alcance alturas favorables, siendo sumamente competitivos en contenidos de sólidos y en materia seca (Castro, *et al.*2008.)

Los resultados obtenidos del área foliar (Cm^2) Cuadro 5 se observa una diferencia altamente significativa (Tukey ≤ 0.01) entre cada una de las parcelas situadas a diferentes altitudes con un 25.20 % de Coeficiente de Variación; siendo estadísticamente mayor la parcela situada a 1650 msnm con incrementos del 21.48% sobre la parcela situada a 1731 msnm, 26.10% sobre la parcela situada a 1123 msnm y con 24.54% sobre la parcela situada a 1000 msnm.

Estos resultados indican que el área foliar de plantas cultivadas en la parte alta de la comunidad es mayor con hojas anchas de una amplia gama en capacidad fotosintética, características muy favorables ya que el área foliar constituye un parámetro fundamental en la evaluación del desarrollo y crecimiento de los cultivos, en estudios de requerimientos hídricos y eficiencia bioenergética y en la determinación de daños producidos por patógenos y plagas (Méndez, 1993). Además, por su estrecha relación con la intercepción de la radiación solar, con la fotosíntesis y con el proceso transpiratorio, aspectos fuertemente vinculados a la acumulación de biomasa

y a la productividad, constituye una información básica para la modelización del crecimiento, desarrollo y rendimiento agronómico de los cultivos (De Oliveira *et al.*, 2007).

El área foliar de la caña de azúcar generalmente alcanza magnitudes elevadas con porcentajes considerables de humedad en el suelo, y viceversa en condiciones de poca humedad (Rodríguez, *et al.* 2007). La humedad retenida por los suelos en la parte alta de la comunidad (Cuadro 8) ha favorecido entonces al desarrollo del área foliar de la planta, aunque también el exceso de humedad reduce el área fotosintéticamente activa con repercusiones directa en la actividad fotosintética. Actualmente sigue la controversia sobre la causa de la disminución de la actividad fotosintética, si se debe a limitaciones en la difusión del CO₂, como consecuencia del cierre de estomas y a la clorosis foliar, ya que otros defienden la concepción de la inhibición del metabolismo ocasionado por estrés (García, 2004). El crecimiento de las plantas observada en altitudes elevadas, es una respuesta relacionada con mayor área foliar ya que a medida que se incrementa, aumenta el consumo de agua por la planta, aumenta el metabolismo, y la evapotranspiración lo que favorece al desarrollo (Rodríguez, *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos en los grados brix(%) en cada una de las parcelas con diferentes altitudes, se observa que estadísticamente no hubo diferencia entre los tratamientos mostrándose un 7.93% de Coeficiente de Variación, (Cuadro 5). Sin embargo numéricamente la parcela situada a 1123 msnm presento un ligero incremento sobre las demás parcelas evaluadas con 24.15 % de Grado Brix.

Estos resultados indican que el contenido porcentual de solidos (sacarosa, azucares reductores, y otros constituyentes) solubles en agua denominados comúnmente como brix, (expresado en porcentaje) son ligeramente mayores en cultivos situados a bajas altitudes en la comunidad, lo que indica que existe mayor pureza del jugo, (Larrahondo, 1995).

Los grados brix registrados en cada una de las parcelas en cada altitud son considerados de buena calidad ya que en la caña, el agua representa en promedio entre un 73% y 76%. Los sólidos totales solubles (brix, % caña) varían entre 10% y 16%, y la fibra (% de caña) oscila entre 11% y 16%,(Clarkeet., *et al.*,1986) y los valores catalogados en la presente investigaciones se encuentran dentro del promedio registrado.

Otras investigaciones relatan que entre los azucares más sencillos se encuentran la glucosa y la fructosa (azucares reductores), que existen en el

jugo de cañas maduras en una concentración entre 1% y 5%. La calidad del azúcar crudo y de otros productos (como el color y la dureza de la panela) dependen, en parte de la proporción de estos azúcares, los cuales cuando aumentan por causa del deterioro o falta de maduración de la planta, pueden producir incrementos en el color y grano defectuoso de la panela (Clarke et., *et al.* 1986).

Finalmente la calidad de los jugos afecta al procesamiento de la caña y la recuperación de la sacarosa en los ingenios; en este sentido se reconoce que algunos polisacáridos como los almidones, reducen y dificultan la filtración durante el proceso químico, ya que se incorporan en los cristales de azúcar crudo (Imrice y Tilbury, 1972).

En lo que concierne al porcentaje de humedad del tallo (Cuadro 5) se observó que, estadísticamente no hubo diferencia significativa entre los tratamientos mostrándose un 8.96% de Coeficiente de Variación. Sin embargo las parcelas situadas a 1731 msnm presentaron valores más altos que las parcelas con altitudes más bajas. Aunque estadísticamente no se observó diferencia alguna, los resultados de comparación numérica, indicaron que la parte alta, presentó valores ligeramente mayores, con más porcentajes de humedad en los tallos, esto respalda el hecho de que la cantidad de agua presente en el suelo, (Cuadro 8) es mayor en altitudes elevadas.

El porcentaje de humedad en el tallo de la caña está directamente relacionada con el contenido de azúcares; la reducción en el contenido de humedad, promueve la conversión de los azúcares reductores a sacarosa, lo que se conoce como proceso de sazonado; por el contrario, si el sazonado es inadecuado se reduce la formación de azúcar. Torres (1990) encontró que los jugos de caña cultivados bajos diferentes grados de estrés, presentaron aumentos en el contenido de aminoácidos que causaron serios problemas de clarificación.

Cuadro 5. Análisis de Varianza y Comparación de Medias de variables fisiológicas del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en cuatro niveles de altitud en el Municipio de san Juan Tabaa, Villa Alta, Oaxaca

Tratamientos	Variables				
	Diámetro del tallo (Cm2)	Altura de la planta (Cm2)	Área Foliar (Cm2)	Grados Brix (%)	Humedad del tallo (%)
1731 Msnm	4.10 A+	1.81 AB	401.31 B	20.65 A	69.37 A
1650 Msnm	3.90 A	1.68 B	511.06 A	21.00 A	66.53 A
1123 Msnm	3.10 B	1.27 C	377.65 B	24.15 A	63.65 A
1000 Msnm	2.85 B	1.89 A	385.60 B	24.00 A	59.11 A
C.V. (%)	4.65	3.28	25.2	7.93	8.96
S.E.	**	**	**	NS	NS

SE = Significancia Estadística

****** = Diferencia Altamente Significativa

NS = Diferencia No Significativa

CV = Coeficiente de Variación

+ = Valores Medios Seguidos de la Misma Letra, Estadísticamente son Iguales (Tukey ≤ 0.01)

Msnm: metros sobre el nivel del mar

En el cuadro 6 podemos observar el Análisis de Varianza y comparación de medias de la temperatura del suelo y del medio ambiente en las diferentes altitudes y en variadas épocas del año.

Los resultados obtenidos con la variable temperatura del suelo en Verano (Cuadro 6) se muestra una diferencia significativa (Tukey ≤ 0.01) entre cada una de las altitudes y un Coeficiente de Variación (CV) del 8.14 %, de acuerdo al análisis estadístico realizado, en las parcelas situadas a 1000 y 1123 msnm, mismas que fueron estadísticamente similares con valores mayores, lo que indica que la temperatura del suelo en meses de verano es mayor a bajas altitudes. Aunque numéricamente el valor de la parcela situada a 1000 msnm fue ligeramente mayor a un 1.85 % de la parcela situada a 1123 msnm.

En lo que respecta a meses de invierno se visualiza que los datos tomados de temperatura del suelo muestran una diferencia altamente significativa (Tukey ≤ 0.01) entre cada una de las altitudes con 2.91% de Coeficiente de variación, observándose que las parcelas situadas a 1000 y 1123 msnm presentaron los mayores resultados y siendo estadísticamente similares. Esto indica que la temperatura del suelo en meses de invierno es más alta a bajas altitudes (Cuadro 6).

Los datos recolectados con la temperatura del ambiente no fueron diferentes a los arrojados por el suelo. Se puede observar en el cuadro 6 que en los meses de verano hubo una diferencia significativa (Tukey ≤ 0.01) entre cada una de

las parcelas situadas a diferentes altitudes, con un 5.73% de CV, siendo las de bajas altitudes las que representan valores más altos. Estos mismos resultados se observan en los datos tomados en los meses de invierno, donde hubo una diferencia altamente significativa (Tukey ≤ 0.01) entre los tratamientos con 3.8 % de CV, siendo mayores los valores de las parcelas situadas a 1000 y 1123 msnm.

Estos resultados indican que la temperatura del ambiente y del suelo es mayor tanto en invierno como en veranos a bajas altitudes en la comunidad, favoreciendo de manera considerable al desarrollo de caña, aunque la caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración. (Namuche, 1993) La temperatura es un factor importante tanto para el desarrollo de la caña, como para la elaboración y acumulación de la sacarosa. Existe una relación directa entre la elongación del tallo y la temperatura media mínima mensual: a medida que esta última se incrementa hay mayor crecimiento del tallo, con lo que el periodo vegetativo se reduce y el rendimiento por hectárea y por mes aumenta. La caña se desarrolla con excelentes resultados en zonas donde la temperatura media anual fluctúa entre los 25°C y 27 °C. (Herrera, 1999)

La temperatura ideal del suelo para el desarrollo normal de las raíces y la toma de nutrientes oscila entre 29°C y 32°C. Es importante recalcar que el

desarrollo del cultivo está directamente correlacionado con la temperatura media anual, pero la concentración de azúcares y la calidad de panela depende entre otros factores como la diferencia entre la temperatura máxima y mínima promedia anual y la luminosidad. (Hugo 2007). Estas temperaturas promedio, son similares a las registradas en altitudes menores (Cuadro 2), así como la luminosidad es mejor comparada con la que se emite en las altitudes más altas.

Como ya se explicó previamente las parcelas situadas en altitudes bajas se encuentran dentro de un bosque tropical caducifolio, con especies arbóreas características de ese ecosistema, sin embargo las parcelas situadas a altitudes elevadas, están directamente relacionadas con un bosque mesófilo de montaña, situaciones muy desiguales que han hecho la diferencia de temperatura tanto del suelo como del medio ambiente, y así como de otras variables agronómicas relacionados con el desarrollo y crecimiento del cultivo.

En una entrevista a los productores (Anexo 1) dueños de las parcelas, mencionaron que la parte baja el ciclo productivo de caña es anual, lo que es contrario a la parte alta, donde el ciclo es bianual; dos años, siendo la misma variedad de caña. Estas dificultades de desarrollo se deben precisamente a

cuestiones de temperatura la cual condiciona directamente el desarrollo y crecimiento de la planta, siendo el factor principal que determina la adaptación dado que altera diversas funciones vitales. Entre las actividades afectadas están: la velocidad de las reacciones químicas; los cambios de estado del agua (hielo-liquido-vapor), cambios en la estructura y actividades de las macro moléculas, las funciones asociadas a la membrana y la actividad enzimática (Michaels, 2000)

A medida que la temperatura aumenta también lo hace la velocidad del crecimiento de la caña hasta alcanzar un valor óptimo, por encima del cual un aumento de temperatura provoca una disminución del mismo. La principal razón de esto es el efecto de la temperatura sobre las reacciones enzimáticas pues a medida que la temperatura aumenta, se incrementa la energía cinética aumentando la velocidad de la reacciones. Sin embargo, si la temperatura aumenta por encima del umbral se alteran los procesos fisiológicos lo que produce una desnaturalización de las enzimas y desorganización de algunas estructuras celulares. En cambio las bajas temperaturas afectan el proceso fisiológico de la caña de azúcar disminuyendo la velocidad de las reacciones enzimáticas y disminución de pocos grados produce un cambio significativo en la tasa de crecimiento (Hugo, 2007).

Cuadro 6. Análisis de Varianza y Comparación de Medias de la Temperatura del suelo y ambiente del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en cuatro niveles de altitud del Municipio de san Juan Tabaa, Villa Alta, Oaxaca

Tratamientos	Variables			
	Temp.(C°) de suelo- Verano	Temp. (C°) de suelo-Invierno	Temp. (C°) del ambiente-verano	Temp. (C°)del ambiente-invierno
1731 msnm	20.35 B+	14.95 B	24.35 B	19.45 B
1650 msnm	19.85 B	15.70 B	25.50 B	20.75 B
1123 msnm	27.35 A	22.80 A	31.25 A	26.75 A
1000 msnm	27.85 A	22.70 A	31.10 A	26.30 A
C.V. (%)	8.14	2.91	5.73	3.8
S.E.	*	**	*	**

SE = Significancia Estadística

****** = Diferencia Altamente Significativa

NS = Diferencia No Significativa

CV = Coeficiente de Variación

+ = Valores Medios Seguidos de la Misma Letra, Estadísticamente son Iguales (Tuke Tukey ≤ 0.01)

Msnm: metros sobre el nivel del mar.

En el cuadro 7 se puede observar en Análisis de Varianza y comparación de medias de análisis químicos de cada una de las muestras de suelo tomadas en las diferentes altitudes estudiadas. Se puede apreciar que la cantidad de Materia Orgánica (M.O.) expresada en %, es variada en cada una de las altitudes con una diferencia significativa (Tukey ≤ 0.01), y con 18.51% de coeficiente de variación en donde las parcelas situadas en altitudes mayores (1650 y 1731msnm) fueron estadísticamente similares expresando también un mayor porcentaje de M.O. siendo catalogadas como; Clase Extremadamente Ricos, las de bajo porcentaje (1000 y 1123 msnm) fueron catalogadas como; Medianamente ricos por la cantidad de M.O que

contienen, según la guía del Laboratorio de Servicios Generales del Departamento de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

En los agroecosistemas la materia orgánica tiene una influencia importante sobre algunas características de los suelos como son: capacidad de intercambio catiónico, formación de agregados, capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrimentos esenciales (UREN, 1991). En las altitudes altas, el porcentaje de M.O. es mayor por la cantidad de materia en descomposición que año tras año ha estado presente, ya que el ecosistema predominante es un bosque Mesofilo de Montaña, mismo que ya se había mencionado anteriormente. La M.O. presente ha incrementado de manera significativa el desarrollo foliar, así como el desarrollo de tallos y brotes de la caña de azúcar. Estos efectos se fundamentan con las variables agronómicas tomadas en donde la parte alta de la comunidad, el cultivo ha tenido un desarrollo, mucho más vigoroso que los de la parte baja, excepto la tardía de su ciclo productivo.

Los resultados obtenidos de la cantidad de Nitrógeno (N) orgánico indican que existe una diferencia significativa (Tukey ≤ 0.01) entre cada una de las altitudes y con 18.1% de CV (Cuadro 7), donde las altitudes elevadas fueron

similares estadísticamente siendo también las que mejor resultados arrojaron, asignándolas como zonas medianamente ricas en Nitrógeno orgánico. Sin embargo las parcelas situadas a niveles más bajos (1000 y 1123 msnm) fueron catalogadas como Medianamente pobre, por la composición de Nitrógeno, según la guía de laboratorio de servicios de generales del Depto. de suelo de la UAAAN.

El Nitrógeno es un componente esencial de la células vivas y se encuentra principalmente en las partes jóvenes de las plantas en estado de crecimiento (Millar, 1964). La planta lo absorbe por las raíces o por las hojas en forma de NO^{-3} y NH^{+4} . (Russell, 1968); una vez dentro de la planta , se reduce y transforma e carbohidratos, finalmente , en proteínas. Además de su importancia para la formación de carbohidratos y proteínas, el Nitrógeno es un constituyente esencial de la molécula de clorofila (Tisdale y Nelson, 1966); por lo tanto, influye en la producción del follaje y en el tamaño de las cepas de la caña de azúcar.

Sin embargo, una concentración excesiva de Nitrógeno en el suelo tiende a disminuir el contenido de sacarosa en la caña y retrasa la maduración; no obstante, niveles altos de este nutrimento están casi siempre asociados con vigorosos desarrollo vegetativo, como lo demuestran los estudios realizados

en Hawái y México (Wang, 1972), donde se observaron disminuciones de Brix (%) en caña de azúcar al presentar altos contenidos de Nitrógeno.

Estas demostraciones podrían ser la clave para entender el comportamiento de la maduración del cultivo en la parte alta de comunidad ya que como se ha mencionado el ciclo productivo tiene una duración de dos años, y no, como su homólogo en la parte baja donde el ciclo es anual. También los grados brix (%) fueron ligeramente menores en la parte alta donde precisamente el contenido de Nitrógeno es mucho mayor que en las bajas altitudes.

Otro de los principales elementos analizados dentro de la investigación fue el Fosforo P (ppm; partes por millón) en el cual se observa que no hubo diferencia significativa entre cada una de las altitudes estudiadas, (Cuadro 7). Sin embargo la parcela situada a 1000 msnm fue numéricamente mayor seguido de la parcela ubicada a 1123 msnm catalogadas como una composición Mediada, y los niveles bajos de P fueron catalogados como Medianamente pobre según la guía del laboratorio de servicios generales Depto. de suelo de la UAAAN

El fosforo P, es también es considerado un nutrimento primario dentro del desarrollo de la caña de azúcar. Las plantas lo absorben principalmente en la forma de H_2PO_4 y en menor proporción como HPO_4 (Tisdale y Nelson,

1996). Siendo también un constituyente importante de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos y del adenosintrifosfato (ATP) este último compuesto es importante para los procesos metabólicos que requieren de energía. Además es esencial para la síntesis de la clorofila y está íntimamente relacionado con la formación de sacarosa.

Por otra parte, el P mejora notablemente la calidad de los jugos, como lo demuestran los trabajos de Meade y Chen (1977), quienes en Hawaii encontraron aumentos significativos en la calidad de los jugos con la fertilización fosfatada. Estos resultados coinciden con los encontrados en la presente investigación, donde la cantidad de P que se observó con más proporción en muestreos tomados en las altitudes bajas (Cuadro 7) como ya se había expuesto anteriormente; lo que proporcione también que el porcentaje de grados brix, fuese mayor en las partes bajas que en las mas elevadas.

Hoing (1960) considera que la cantidad de fosfatos presente en el jugo de la caña es importante durante el proceso de clarificación, ya que se acepta que para una buena floculación después del encallamiento y de la adición de poliacrilaminas las concentraciones de fosforo en el jugo deben de estar en 300 y 600 mg/l de P_2O_5 . El Fosforo, en forma de fosfatos solubles, además de

ser un elemento clave para el crecimiento y el desarrollo del cultivo, es también de gran utilidad en el procesamiento y recuperación de azúcar de buena calidad.

Siendo el P importante dentro del cultivo de caña, su deficiencia podría reducir el macollamiento y desarrollo de la planta, a la vez que origina raíces anormales de color marrón (Wardle, 1968). Es común encontrar manchas de color púrpura en las hojas inferiores, cuando se cultiva en suelos deficientes en fósforo. Por otra parte, un exceso de este nutrimento puede perjudicar el crecimiento de las plantas ya que induce deficiencias de micro nutrimentos como Zinc y Hierro.

Con respecto a la cantidad de Potasio K (ppm) encontrada en cada una de las parcelas, el análisis estadístico indica que no hubo diferencia significativa entre altitudes, (Cuadro 7) aunque numéricamente la parcela situada a 1123 msnm presentó valores mayores. Sin embargo los resultados indican que las cuatro altitudes son catalogadas como extremadamente ricas en cantidad de Potasio disponible, según la guía del laboratorio de servicios generales del Depto. de Suelo de la UAAAN

La caña de azúcar absorbe el Potasio en la forma elemental (K^+). Es un elemento muy móvil dentro de la planta e importante en la formación de aminoácidos y proteínas (Russell, 1968). Aunque no forma parte de los compuestos metabólicos es necesario para el metabolismo de los carbohidratos, la síntesis de proteínas, el control y la regulación de las actividades de varios elementos esenciales, la neutralización de ácidos orgánicos, la activación de varias enzimas, el crecimiento de meristemas y el movimiento de las estomas. En la caña de azúcar, el potasio regula las actividades de la invertasa, la amilasa, la pepsina y la catalasa (Tisdale y Nelson, 1966).

La conductividad eléctrica (Mhos/cm) (Cuadro 7) por su parte fue estadísticamente similar en todas las parcelas estudiadas mostrando una diferencia no significativa entre ellas con un valor de 0.2 Mhos/cm, lo que significa que son suelos no salinos, ideales para el cultivo.

El potencial de Hidrogeno (pH) (Cuadro 7) fue ligeramente mayor en parcelas situadas en altitudes 1731 msnm, observándose una diferencia significativa entre los tratamientos, con un 1.43% de CV. Estos resultados indican que los suelos situados en la parte alta de la comunidad son ligeramente más alcalinos, sin embargo según la guía del laboratorio de servicios generales, del

Depto. de suelo en la UAAAN, los suelos presentes tanto en la parte baja y en la parte alta de la comunidad son considerados como, no sódicos, por su composición de pH. El pH óptimo del suelo para el cultivo de la caña de azúcar es cercano a 6.5, pero puede tolerar un rango considerable de acidez y alcalinidad del suelo.

El contenido de pH en un suelo interfiere con la síntesis de sacarosa en la caña de azúcar. La hidrólisis de la sacarosa es un paso esencial y limitante para recibir y almacenar el azúcar por los tejidos inmaduros de los entrenudos. Existen dos tipos de invertasas activas en el tejido almacenador maduro, una neutra (soluble a pH 7) encontrada en el citoplasma y una ácida (pH óptimo 3,8) estrechamente ligada a la pared celular. Se encontró una relación estrecha entre el nivel de la invertasa ácida de la pared celular y la hidrólisis de la sacarosa a pH 4,5. El almacenaje de la sacarosa se aumentó entre los pH 4 y 7 (Rodriguez y Hernandez, 1994). Estos resultados indican que pH dentro de cada una de las zonas estudiadas están dentro del rango óptimo para la síntesis y almacenaje de sacaros.

Cuadro 7. Análisis de Varianza y Comparación de Medias del análisis químico de suelo del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en cuatro niveles de altitud en el Municipio de san Juan Tabaa, Villa Alta, Oaxaca

Tratamientos	Variables					
	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	CE (Mnhos/cm)	pH.
1731 msnm	4.75 A+	0.23 A	17.25 A	400 A	0.2 A	5.80 A
1650 msnm	4.75 A	0.23 A	20.50 A	450 A	0.2 A	5.55 B
1123 msnm	2.45 B	0.12 B	27 A	550 A	0.2 A	5.50 BC
1000 msnm	2.20 B	0.10 B	28 A	475 A	0.2 A	5.30 C
C.V. (%)	18.51	18.1	19.48	27.46	0	1.43
S.E.	*	*	NS	NS	NS	*

SE = Significancia Estadística

****** = Diferencia Altamente Significativa

***** = Diferencia significativa

NS = Diferencia No Significativa

CV = Coeficiente de Variación

+ = Valores Medios Seguidos de la Misma Letra, Estadísticamente son Iguales (Tukey ≤ 0.01)

Msnm: metros sobre el nivel del mar

En el cuadro 8 se puede apreciar el análisis de varianza y comparación de medias de las propiedades físicas de las muestras de suelo tomadas en cada uno de los niveles de estudio. De acuerdo al porcentaje de arena, limo y arcilla, el tipo de suelo presente en cada zona se clasificó de la siguiente manera; Parcela situada a 1000 msnm presenta un suelo migajón arcilloso, con 66% de arena, 10% de arcilla y 24% de limo; la parcela situada a 1123 msnm presenta un suelo, migajón arcilloso arenoso con 52% de arena, 40% de arcilla y 18% de limo; la parcela situada a 1650 msnm presenta un suelo migajón arcilloso, con 31% de arena, 36% de arcilla, 33% de limo; y finalmente la parcela situada a 1731 msnm presenta un suelo migajón con 44% de arena, 26% de arcilla y 30% de limo, de acuerdo a la guía del laboratorio de servicios generales Depto. de suelo, de la UAAAN.

La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, y profundos. Los suelos encontrados en cada una de las zonas estudiadas son netamente favorables para el desarrollo del cultivo, con características aceptables y con propiedades que han evitado plagas del suelo. Cabe mencionar también que durante la entrevista con los productores, el daño por plaga no les fue familiar, ya que no se ha presentado problemas de este tipo.

En otro punto tenemos que el porcentaje de humedad disponible del suelo en cada una de las altitudes fue muy variada, presentando diferencia altamente significativa (Tukey ≤ 0.01) con un C.V. de 5.99%, (Cuadro 8) en donde las parcelas situadas a 1650 y 1731 msnm, fueron similares y con valores significativamente mayores estadísticamente.

Se han efectuado algunos trabajos sobre la influencia de la humedad disponible en el suelo sobre la calidad de los jugos. Para el efecto se utilizó la variedad PR 61-632 sembrada en lisímetros de percolación bajo cuatro condiciones de humedad. Después de los 14 meses de crecimiento, los resultados del análisis de los jugos mostraron un notable incremento en los aminonitrogenos cuando la humedad disponible fue de 20%, siendo su

concentración 4.8 veces mayor que el nivel observado en la caña cultivada con una humedad disponible del 100%.

El color y la turbiedad del jugo clarificado disminuyeron cuando la humedad del suelo se incrementó, lo que se asoció también con una mayor concentración de fosforo en los jugos, debido probablemente a un mejor suministro de fosfatos en el suelo húmedo (Hernández, *et a.* 1995).

Estos resultados son similares a los hallados en la presente investigación, donde el contenido de humedad fue sumamente mayor en las altitudes elevadas, lo que provoca la reducción de la calidad del jugo. En la parte baja puesto que los niveles de humedad fueron inferiores, la calidad del jugo fue ligeramente mayor, aunque podría atribuirse previos análisis que ya se habían mencionado. Sin embargo el déficit por humedad también podría incrementar los niveles de impurezas coloreadas y precursores de color, parámetros importantes en la calidad de los jugos.

Cuadro 8. Análisis de Varianza y Comparación de Medias de las propiedades físicas del suelo de un cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en cuatro niveles de altitud en el Municipio de san Juan Tabaa, Villa Alta, Oaxaca.

Tratamientos	Variables			
	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Humedad del suelo (%)
1731 msnm	44 A+	26 A	30 AB	31.63 A
1650 msnm	31 A	36 A	33 A	28.95 A
1123 msnm	52 A	40 A	18 C	4.79 B
1000 msnm	66 A	10 A	24 BC	5.67 B
C.V. (%)	27.06	66.2	11.11	5.99
S.E.	NS	NS	*	**

SE = Significancia Estadística

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

CV = Coeficiente de Variación

+ = Valores Medios Seguidos de la Misma Letra, Estadísticamente son Iguales (Tukey ≤ 0.01)

Msnm: metros sobre el nivel del mar

Prácticas agroecológicas observadas en cada uno de los niveles de altitud.

Uno de los aspectos más importantes que debe tener en cuenta cualquier agricultor debe ser el clima, debido a la influencia que éste tiene sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Sin embargo, no basta con analizar solo al clima como un factor indicativa de un cultivo, sino que es necesario estudiar, además, al suelo y al cultivo como un sistema integrado. Más aun cuando se trata de una investigación agroecológica, en donde el sistema es sumamente complejo, involucrando no solo condiciones climáticas y edáficas sino también los agros ecosistemas de los cultivos.

En la presente investigación fueron consideradas un total de cuatro niveles de altitud ubicadas; dos en la parte alta de comunidad (1731 msnm y 1650 msnm) y dos en la parte baja de la comunidad (1123 msnm y 1000 msnm) siendo seleccionadas por su importancia altitudinal y ecológica.

En el cuadro 8 se muestran los componentes de un agro ecosistema y las practicas agroecológicas correspondientes a cada uno de ellos según Sánchez, 1993. En este mismo cuadro podemos observar los niveles de altitud que fueron considerados dentro de la investigación, en el que cada uno de ellos están marcadas las prácticas que se realizan dentro de cada zona. La información requerida para el análisis agroecológico de cada predio fue tomada en un cuestionario (Anexo 1) realizado a dos agricultores, dueños de cada una de las zonas estudiadas.

Las practicas agroecológicas dentro de un cultivo son entre otros , la rotación de cultivos, los policultivos, cultivos asociados y el manejo integrado de plagas, los que forman, un sistema sumamente complejo , ya que permiten armonizar los procesos ecológicos que ocurren en las formaciones vegetales , como ciclos de nutrientes , interacción depredador-presa, competencia, comensalía y cambios sucesionales (Altieri, 2000).

Así también las prácticas agroecológicas en el suelo, como son , la fertilización a través de los abonos orgánicos, el laboreo mínimo, la protección física y las diferentes actividades, se convierten en relaciones ecológicas creando un agroecosistema que formaliza el análisis del conjunto de procesos e interacciones que intervienen en un sistema de cultivos agroecológicos (Altieri, 2000).

Sin embargo la mayoría de las prácticas no están siendo realizadas por los agricultores (Cuadro 8) excepto, cultivos asociados, en la parte alta de la comunidad y el laboreo mínimo mediante tracción animal o manual en los cuatro niveles de altitud. Este tipo de situaciones son producto de la inestable rentabilidad económica de la parcela, “ya que no es costeable invertir capital económico, cuando los rendimientos son insuficientes” afirman los productores (Anexo 1). Según Rodríguez, 2007, las prácticas agroecológicas en cada uno de los componentes del agroecosistema, asegura la conservación de los recursos naturales teniendo como objetivo la producción de alimentos suficientes y sanos, incrementando la posibilidad de una producción rentable de productos orgánicos y creando la estabilidad económica a través de la distribución y venta de productos. Los productores verán así aumentadas las posibilidades de mejorar su situación económica gracias a los ingresos directos provenientes de las ventas. Finalmente se puede decir que los

resultados obtenidos en la presente investigación fueron acorde a los diferentes ambientes climáticos y edáficos de cada altitud así como de algunas de las prácticas agroecológicas que cada agricultor realiza dentro de sus parcelas, aunque relativamente es nula la aplicación de las prácticas agroecológicas dentro de cada predio.

Cuadro 9. Análisis de prácticas agroecológicas presentes en cuatro niveles de altitud de un cultivo de caña en el Municipio de San Juan Tabaa, Oaxaca.

Componentes del agroecosistema	Prácticas agroecológicas	Niveles de altitud (msnm).			
		1731	1650	1123	1000
Prácticas agroecológicas en el cultivo	Rotación de cultivos	x	x	x	x
	Policultivos	x	x	x	x
	Cultivos asociados	✓	✓	x	x
	Manejo integrado de plagas	x	x	x	x
Prácticas agroecológicas en el suelo	Fertilización del suelo a través de abonos orgánicos	x	x	x	x
	Laboreo mínimo, mediante tracción animal o manual	✓	✓	✓	✓
	Protección física	x	x	x	x
	Curvas a nivel	x	x	x	x

X= No se practica, ✓= Si se practica.

CONCLUSIONES.

El presente trabajo permite concluir que; según los datos y las variables que fueron evaluados, las altitudes bajas (1000 y 1123 msnm) son más favorables para el establecimiento del cultivo de la caña de azúcar(*Saccharum officinarum*) que las altitudes elevadas (1731 y 1650 msnm) de la comunidad.

RECOMENDACIONES

En general se puede decir que para optimizar la producción de caña de azúcar en el municipio de San Juan Taba, se ofrecen las siguientes alternativas.

1. Fomentar la realización de las prácticas agroecológicas en cada uno de los componentes del agroecosistema.
2. Se recomienda establecer el cultivo de caña en altitudes de 1000 y hasta 1123 msnm en el Municipio de San Juan Tabaa.
3. Optimizar los niveles de corte, evitando el envío de cogollos y entrenudos con niveles bajos de sacarosa al extractor de jugo.
4. Cosechar la cantidad exacta de caña requerida, y evitar su almacenamiento por más de dos días en el campo.
5. Procesar en las primeras 24 horas la caña que se troza durante la cosecha, con la finalidad de evitar pérdidas e incurrir con problemas relacionados con la acción microbiana.

LITERATURA CITADA

- Arias G.,Jairo, 1994. Evaluación exploratoria del comportamiento de la materia orgánica por prácticas de quemas en molisoles del Valle del Cauca. Tesis de Postgrado en suelos y aguas, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira.
- Altieri, M., y Yurjevic A. 1991. La agroecología y el desarrollo rural sostenible en America latina. *Agroecología y Desarrollo*. 1:25-36
- Alonso AM, Guzmán GI. 2010. Comparison of the Efficiency and Use of Energy in Organic and Conventional Farming in Spanish Agricultural Systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 34: 312- 338.
- Altieri, M.A. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. *Agricultura y Agroecosistemas*. 39:23-53.
- Altieri, M. 1994. Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura Tecnica*. 54(4):371-386. Chile
- Altieri, M. 1996. Un enfoque agroecológico para el desarrollo del sistema de producción sostenible para pequeños productores andinos. IICA Biblioteca Venezuela. 33 p.

- Altieri, M. A. y Nichols, C. I. 2002. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. *Agroforesteria en las Americas* 8: 22- 29
- Bengtsson J, Ahnström J, Weibull A. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
- Caporal F, Costabeber J. 2002. Analisis multidimensional sustentabilidad de: una propuesta metodológica partir de Agroecología. *Agroecología e desenvolvimiento rural sustentable* 3(3): 70-85
- Castro M. y Elías A. 2008. La caña de azúcar como alimento para ganado. *Rev. cubana Cienc. Agric.* 12:69.
- Clarke, M., Blanco R. y Godshall M. 1986. Colorante in raw sugars. *Proceedings Intern. Soc. Sugar Cane Technol. (ISSCT)*. 2:670-682.
- De las Heras, J. y Faberi, R. M. 2003. Fundamentos de la agricultura ecológica. Ediciones de la Universidad de la Castilla –La Mancha. España. 376 p.
- De Oliveira, R. A.; E. Daros; J. L. Camargo Zambon; H. Weber; O. Teruyo Ido; J. C. Bessalho-Filho; K. C. Zuffellato-Ribas e D. K. Tramujas da Silva. 2007. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e

suacorrelação com a produção de biomassa. *Pesq. Agropec. Trop.* 37 (2): 71-76.

Delgadillo, O.L. y Reserva Natural El Hatico. 1994. Evaluación de características químicas, físicas y biológicas del suelo con cultivo de caña de azúcar, manejo con y sin quema en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca. Informe de pasantía de la Universidad del Tolima

García, 2004. Optimización de selección de las variedades de caña de azúcar tolerantes a estrés por sequía y mal drenaje en la zona central de Cuba. Tesis doctoral. Instituto Nacional de Investigación de la Caña de azúcar. Cuba. 92pp.

Guzman, C. y Morales J. 2012. Agroecología y agricultura ecológica, aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. *Agroecología* 6: 55-62

Gliessman S. 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems.* Boca Ratón: CRC Press.

Gliessman S. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentable.* Agruco/maela/catie/ gtzuay/Gobierno de Tabasco/Universidad de California, San José.

- Gutierrez, W., Medrano C. Materan N., Esparza D., Baez J. y Medina B. 2001. Evaluación del rendimiento y nodulación del frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo dos sistemas de labranza en las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo, Venezuela. Rev. Fac. Agron.18: 237-246.
- Hernan, C.M., Hernando, C.M., Molina, E.J. y Molina, J.J. 2012. Manejo agroecológico de la caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos. Técnicaña. 29: 28-35. Colombia.
- Hernandez, E., Lopez D. y Medida I. 1995. Respiración edáfica y aportes de materia orgánica por las raíces y la hojarasca en un cultivo de caña de azúcar. Rev. Agronomía Tropical. Venezuela. 45(1): 121-142.
- Herrera, S.S. 1999. Diseño de una red óptima de observación de variables climáticas, aplicando un enfoque geoestadístico, tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- Hoing, P. 1960. The presence of phosphorus in cane juice. En: Congress of the international Society of Sugar cane Technologists(ISSCT), 10 th. Hawaii, May 3-11, 1959. Proceedings. Elsevier. Amsterdam, Países Bajos. P. 356-361.

- Hugo, C. 2007. Guía Tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña de panela. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Mosquera, Cudinamarca, Colombia. 25pp
- Huato, D., Ramírez B., García A., Huerta L., Jarquin S. y Romero O. 2010. Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 6 (2): 67-76
- Hernán , C. , Hernando M., Molina D. y José M. 2012. Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos. *Revista Técnicaña*. 8:25-39.
- Imrice, F. y Tilbury R. 1972. Ppolysacharides in sugar cae and its product. *Sugar Technol. Rev.* 1:291-361
- Inifap.2005. Caña de Azucar. Tamaulipas. Dr Horacio Mata Vazques.
- Jiménez, C., Vargas T., Wilver E., Aguirre B. y Rodríguez C. 2004. Tamaulipas, México. *Invest. Geog.* 53-76
- Jürgen, P., Toledo T., Leyva G., Marroquín F. 2005. Manejo agroecológico de la caña de azúcar (*saccharum*spp.) en el soconusco, Chiapas, México. *Agroecologia*. 20-27.

Jürgen, P.H., Toledo, E.T., Leyva, A.G. y Marrquin, F.A.2005. Manejo agroecológico de la caña de azúcar (*Sacharumoficinarum*) en el soconusco, Chiapas Mexico. III Congresso Brasileiro de Agroecologia, 17 a 20 de Outubro de 2005 – Florianópolis/SC, CD memorias orais, pdf 072.

Larrahondo, J.1995. Calidad de la caña de azúcar. Centro de Investigacion de la Caña de azúcar Colombia, (CENICAÑA) Estacion experimental: Via Cali-Florida, Km 26. Editorial de Cali, CENICAÑA, Colombia. 354pp.

Martín PragerMósquera, Oscar E Sanclemente Reyes, Marina Sánchez de Prager, José Miller Gallego, Diego Iván Ángel Sánchez. 2012. Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7: 53-62

Meade. G. y Chen J. 1977. Sugar cane handbook. 10 ed. Willey.Interscience Publication John Wiley and Sons, Nueva York. 947p.

Mendez, F. 1993. Determinacion del área foliar de la caña de azúcar variedad C 323-68. *Rev. Caña de azúcar*. 11:75-104.

- Michaels SD. y R. amasino. 2000. Memories of winter: vernalization and the competence to flower. *PlantCell and Environment* 23:1145- 1153
- Millar, C. 1964. *Fertilidad del suelo* . Salvat. Barcelona. 477p.
- Namuche V. J. R. 1983. Modelos empíricos para predecir rendimientos relativos en caña de azúcar en base a variables agroclimáticas y de manejo, tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Rodríguez, S. y D. Hernández. (1994). Efecto del Fluazifop-butil sobre la maduración de la caña de azúcar. *Caña de Azúcar*. 12(2): 61-71.
- Rodríguez, S., Torres W., Ortega E., Rodes R., Amino D., Meneses S., Jerez E. y Lopez E. 2007. Efecto del estrés por sobrehumedecimiento del suelo en la dinámica del índice de área foliar en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Rev. Cultivos Tropicales*. 28(4): 33-40.
- Ruseell, E.1968. *Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas*. Aguilar. Madrid 801 p.
- Romero; E.; Scandalariis, J.; Digonzelli, P.; Leggio, F.; Giardina; J.; Fernández, J.; Casen, S.; Tonatto, J.;

- Alonso, L. 2009. La caña de azúcar. Características y ecofisiología. Editorial EEAOC. Tucumán, Argentina
- Reed, M. 2009. The governance organic food and farming in the UK. Food Policy. 34:280-286
- Schutter Oliver, 2013. La agroecología mejora la productividad y previene la pérdida de especies frente al modelo lineal de la industria. LEISA. 363(1491), págs. 447 a 465.
- Sadeghian, S., 1998. Estudio Comparativo de algunas características de suelos bajo cultivos de caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. Con y sin quema y un bosque. Agroecologia. 5:79-9
- Sánchez, R., 1993. Ecología , producción y desarrollo campesino. Leisa. Tarea asociación grafica educativa Lima. 243pp.
- Subirós, P. 2000. Cultivo de la caña de azúcar. Editorial EULAC. San José, Costa Rica. Editorial EEAOC. Tucumán, Argentina
- Subirós, F. 2000. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica. Editorial, Universidad a Distancia, San José, Costa Rica. 57pp.
- Toledo, V., 1990. “La resistencia ecológica del campesino mexicano”. Ecología Política. Cuadernos de Debate Internacional.1:11-18.

- Tisdale, S. y Nelsol W. 1966. Soil fertility and fertilizers. MacMillan, Nueva York 694 p.
- Torres, J. 1990. Características químicas de variedades promisoras de caña de azúcar en Colombia. An. Asoc. Quim. Argen. 78(6):347-353.
- Torriente, D.D. y Torres, V.C. 2010. Análisis de componentes principales en la interpretación de sistemas agroecológicos para el manejo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal para el cultivo de la caña de azúcar (*Sacharumoficinarum*). IDESIA. 28 (1): 23-32. Chile.
- Uren, N. 1991. The management of soil organic matter for sustainable agriculture. Agricultural Science 4(6): 45-48.
- Vandemmer, J. 1995. The Ecological Basis of alternative agriculture. Annual Review of ecological System 26: 201-22
- Wang, C. 1976. The effect of fertilizar application on sucrose content of sugar cane. Taiwan sugar. 23:167-171.
- Wardle, G. 1968. Quantitative use of phosphate fertilizer for sugarcane and factors affecting their eficieney. South Africam Sugar Journal 52:1-3.

Willer H, Kilcher L (eds.). 2010. The World of Organic Agriculture.
Statistics and Emerging Trends 2010. IFOAM, Bonn and FiBL,
Frick.

Anexo 1: Entrevistas

Unidad experimental: Parte alta, Productor Dionisio Gonzales	
Superficie (ha): 1	Altitud: 1731 y 1650 msnm.
Variedad de la caña: Jaba	
Tipo de riego: Ningún riego.	
Mejora del sustrato (suelo): Ninguno, durante el desmonte y la limpia, la hierba se queda dentro del terreno, lo que ofrece abono orgánico una vez descompuesto. Además hay una amplia cobertura de hojarasca que ofrece el ecosistema de la parte de la comunidad.	
Protección física del suelo: Laboreo mínimo mediante tracción manual. Presencia de alguna obra de protección pero con efectos débiles, ya que por el tipo de ecosistema que rodea al terreno, la erosión de suelo es nula. Además por las mismas raíces de la caña el suelo compactado.	
Diversidad de cultivo: Tendencias a cultivos asociados, intercalado de árboles frutales dentro del predio.	
Características agroforestales: El cultivo se sitúa dentro de un bosque mesófilo de montaña, además de que existe intercalado de árboles frutales dentro del cultivo.	
Uniformidad en el tamaño de tallo: No uniformes, hay plantas de caña con tamaños de 6 cm y algunos de 3 cm, con un promedio de 4.5 cm.	
Calidad por tamaño: En cuanto al tamaño se considera primera calidad.	
Ciclo productivo: El ciclo productivo en la parte de la comunidad es de cada dos años.	
Edad del cultivo: 16 años	
Rangos de producción: El productor asegura obtener 14 500 litros de jugo de caña	
Rendimientos laborales monetarios: Nulo	
Control fitosanitario: se realiza la limpia del cultivo de dos a tres veces cada ciclo productivo (2 años). Una vez que la caña alcanza altura mayores de 1.5 metros, el monte se ahoga y la limpia ya no es necesaria.	
Calidad sanitaria: Del 90-99% del producto libre de ataques	
Cosecha : Se corta desde la base la caña, sin dejar un centímetro al descubierto, ya que provoca que el tronco se pudra y por ende la muerte de los retoños que estén por desarrollarse.	
Por qué sembró usted la caña de azúcar: Por necesidades básicas del hogar	
Principales problemas a los que se enfrentan: Las condiciones climáticas no siempre han sido favorables, las condiciones del medio ambiente no propician a que el cultivo se desarrolle año con año, baja rentabilidad del trabajo.	
Ventajas y desventajas: El piloncillo ha sido una fuente de alimento (autoconsumo), así como fuente económico en algunas ocasiones. Una fuerte desventaja ha sido que la panela no se puede mantener en condiciones de temperaturas menores a 18° ya que podría deshacerse y perder la consistencia sólida así como de su compostura. El costo de producción ha sido un factor limitante en los últimos años	
Ha tenido algunas sugerencias de mejora productiva: Ninguna.	

Unidad experimental: Parte Baja, Productor Flavio Mendoza
Superficie (ha): 1 Altitud: 1123 y 1000 msnm.
Variedad de la caña: Jaba
Tipo de riego: Ningún riego.
Mejora del sustrato (suelo): Ninguno, durante la limpia del cultivo, los restos se queda dentro del terreno, lo que ofrece abono orgánico una vez descompuesto.
Protección física del suelo: Laboreo mínimo mediante tracción manual, sin embargo aun con la pendiente del
Diversidad de cultivo: Tendencias a monocultivo en forma continua.
Características agroforestales: Sin ninguna agroforesteria
Uniformidad en el tamaño de tallo: No uniformes, hay plantas de caña con tamaños de 5 cm y algunos de 3 cm, con un promedio de 4 cm.
Calidad por tamaño: En cuanto al tamaño se considera primera calidad.
Ciclo productivo: El ciclo productivo en anual.
Edad del cultivo: 15 años
Rangos de producción: El productor asegura obtener 16 000 litros de jugo de caña
Rendimientos laborales monetarios: Regulares ganancias.
Control fitosanitario: La limpieza dentro de cultivo es de forma manual y se realiza una vez al año. Una vez que la caña alcanza altura mayores de 1.5 metros, el monte se ahoga y la limpia ya no es necesaria.
Calidad sanitaria: Del 90-99% del producto libre de ataques
Cosecha : Se corta desde la base la caña, sin dejar un centímetro al descubierto, ya que provoca que el tronco se pudra y por ende la muerte de los retoños que estén por desarrollarse.
Por qué sembró usted la caña de azúcar: Porque la producción de panela es una actividad necesaria para abastecer algunas necesidades del hogar.
Principales problemas a los que se enfrentan: El lugar donde se establece el cultivo está un poco alejado de la comunidad, en temporadas pasadas la venta de panela no era muy viable por los precios que estaba alcanzando , fueron muy bajos, el costo de producción propicia muchas veces ganancia, aunque a veces hay perdidas
Ventajas y desventajas: La panela es una fuente de autoconsumo para la familia así como sustento económico, los rendimientos monetarios son medianos, en ocasiones nulo. Una fuerte desventaja ha sido que la panela no se puede tener en condiciones de temperaturas menores a 18° ya que podría deshacerse y perder la consistencia solida así como de su compostura. El productor argumento que el hecho de estar trabajando con extractor animal (Trapiche) ha hecho que las ganancias sean pocas.
Ha tenido algunas sugerencias de mejora productiva: Ninguna.