



Órgano de divulgación científica de la Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Vol. XXX, No. 1



Guatemala  
2012

**Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Junta Directiva**

Dr. Lauriano Figueroa Quiñónez	<b>Decano</b>
Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo	<b>Secretario Académico</b>
Dr. Ariel Abderramán Ortiz López	<b>Vocal I</b>
Ing. Agr. Marino Barrientos García	<b>Vocal II</b>
Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano	<b>Vocal III</b>
Bachiller Lorena Carolina Flores Pineda	<b>Vocal IV</b>
Per. Agr. Josué Antonio Martínez Roque	<b>Vocal V</b>

**Comité Editorial**

Dr. Hugo Cardona  
Ing. Agr. Byron Zúñiga  
Pdsta. Dennis Escobar Galicia

Revista  **tikalía**  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Guatemala  
Teléfonos: (502) 2476-9770  
Fax: (502) 2476-9770  
Correo electrónico: [comited.agro@usac.edu.gt](mailto:comited.agro@usac.edu.gt)

## PRESENTACIÓN

Revista TIKALIA (Volumen XXX, No. 1, enero-junio 2012) contiene artículos científicos sobre temática de sistemas de producción agrícola, y de los recursos naturales renovables. Estas áreas de docencia e investigación son pilares fundamentales en las carreras de Ingeniería Agrícola en Sistemas de Producción Agrícola e Ingeniería Agrícola en Recursos Naturales Renovables que se imparten en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los artículos publicados en este número de TIKALIA son los siguientes:

**“Propiedades mecánicas de la madera de Matiliguate (*Tabebuia Rosea*) proveniente de plantaciones jóvenes, e implicaciones para su uso industrial en Guatemala”,** de Eddi Alejandro Vanegas Chacón y Boris Augusto Méndez Paiz. En este estudio se concluye que la madera procedente de Patulul, Suchitepéquez presenta mayores esfuerzos de comprensión y tensión paralela a la fibra. La madera procedente de Baja Verapaz e Izabal presenta mayores esfuerzos de corte y clivaje.

**“Análisis de medidas repetidas provenientes de un experimento sobre riego y madurante en caña de azúcar (*Saccharum spp.*)”,** de E.A. López Bautista y E. Quaresma . En esta investigación se constató el efecto del tiempo y la interacción Tiempo- Madurante sobre el rendimiento de azúcar por tonelada de caña, por medio del análisis de perfiles multivariados.

**“Guía para la implementación de la Norma ISO 14001, en el proceso de producción de la caña de azúcar”**, de Jaime Santiago Pezzarossi Cruz y Eddi Alejandro Vanegas Chacón. En este artículo se concluye que la Norma ISO 14001 proporciona a las organizaciones elementos para un sistema de gestión ambiental que permite lograr y demostrar un desempeño ambiental válido para el control del impacto de sus actividades, productos y servicios sobre el ambiente, tomando en cuenta su política ambiental y sus objetivos.

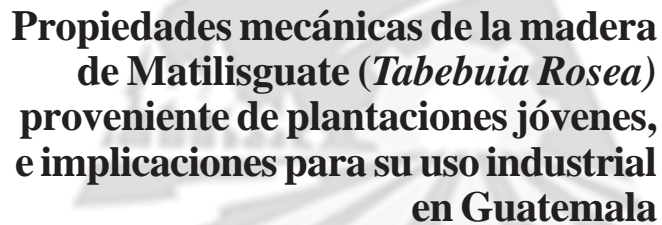
**“Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala”**, de Betzy Hernández Sandoval, Ariel Ortiz López, Mario Alberto Méndez, Hermógenes Castillo, Silvel Elías Gramajo y Mirna Ayala. En esta investigación se concluye, entre otras cosas, que los habitantes del área de estudio no tienen un ingreso fijo mensual para cubrir costos adicionales para el pago de servicios ambientales relacionados con el agua.

**“Evaluación de acolchado plástico en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el caserío El Rodeo, El Progreso, Jutiapa, Guatemala, C. A.)**, de David Omar González Diéguez e Iván Dimitri Santos Castillo. En este estudio se concluyó que el acolchado de plástico en el cultivo de cebolla, incrementó el rendimiento y el porcentaje de bulbos de primera, además el acolchado de plástico mantuvo un mayor porcentaje de humedad en el suelo respecto al testigo relativo.

**Los editores.**





A large, faint, stylized graphic of a tree with radiating lines, serving as a background for the title text.

**Propiedades mecánicas de la madera  
de Matiliguete (*Tabebuia Rosea*)  
proveniente de plantaciones jóvenes,  
e implicaciones para su uso industrial  
en Guatemala**

---

*Eddi Alejandro Vanegas Chacón\**  
*Boris Augusto Méndez Paiz\**

FACULTAD DE ————  
**AGRONOMÍA**  
USAC

---

\* Profesores investigadores de la Facultad de Agronomía de la USAC.

## Resumen

En este estudio se evaluaron propiedades mecánicas de la madera de Matiliguatate proveniente de plantaciones forestales jóvenes (8 años las de mayor edad), establecidos en el marco del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), tanto en la región norte (departamentos de Alta y Baja Verapaz e Izabal) como en la región sur (departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y San Marcos) de Guatemala. La madera se acondicionó a 12% de humedad y los ensayos mecánicos de compresión y tensión paralela a la fibra, corte y clivaje se realizaron de acuerdo a las normas de carácter internacional de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM), norma D-143-83, denominada “Ensayos en pequeños especímenes de madera libre de defectos”. La madera procedente de las plantaciones de Patulul, Suchitepéquez presenta mayores esfuerzos de compresión y tensión paralela a la fibra, valores de 27.38 y 92.38 Mpa, respectivamente, seguida de la madera procedente de El Estor, Izabal. La madera procedente de las plantaciones de Baja Verapaz e Izabal presentan los mayores esfuerzos de corte y clivaje, valores de 9.86 Mpa y 51.10 Kg/mm, respectivamente. Lo que indica una condición bioclimática idealizada de la zona Bosque muy Húmedo Subtropical Cálido para el desarrollo del Matiliguatate, con regímenes de lluvia de 2,000 a 2,500 mm anuales en la parte norte hasta 3,000 a 3,500 mm anuales en la parte sur, temperatura media anual de 25 a 27 °C en ambas partes y evapotranspiración potencial de 1,700 mm en la parte norte hasta 1,800 a 1,900 en la parte sur, con preponderancia de suelos con textura franco a franco arcillosa en ambas partes y altitudes de 0 a 600 msnm.

**Palabras claves:** Matiliguatate, *Tabebuia rosea*, propiedades mecánicas de la madera, compresión, tensión, corte y clivaje.

## Abstract

This study evaluated the mechanical properties of wood from young forest plantations Matilisguate (8 years older), established under the Forestry Incentive Program (PINFOR), both in the northern region (departments of Alta, Baja Verapaz and Izabal) and southern (departments of Escuintla, Suchitepéquez, and San Marcos) in Guatemala. The wood was conditioned at 12% moisture and mechanical tests of compression, parallel tension to the fiber, cut and cleavage were performed according to the international standards of the American Society for testing and materials (ASTM) standard D-143-83, entitled “Tests on small clear wood specimens of defects.” The wood from plantations of Patulul, Suchitepéquez shows higher compressive stress and parallel tension to the fiber, values of 92.38 and 27.38 MPa, respectively, followed by wood from El Estor, Izabal. Wood from plantations of Baja Verapaz and Izabal have the highest cutting and cleavage, values of 9.86 MPa and 51.10 kg / mm, respectively. What indicates an idealized bioclimatic zone “Warm Subtropical Wet Forest” for the growing of Matilisguate, with rainfall patterns from 2,000 to 2,500 mm annually in the north to 3,000 to 3,500 mm annually in the south, annual average temperature from 25 to 27 ° C on both sides and potential evapotranspiration from 1700 mm in the north to 1,800 - 1,900 in the south, with a preponderance of soils with loam to clay texture on both sides and altitudes from 0 to 600 meters above sea level.

**Keywords:** Matilisguate, *Tabebuia rosea*, wood mechanical properties, compression, tension, cutting and cleavage.

## Introducción

El estudio integral de especies forestales nativas para su establecimiento en plantaciones forestales que garanticen una fácil adaptación a condiciones bioclimáticas propias del país es una alternativa en relación a la plantación de especies exóticas que hoy se cultivan para fines de producción de madera para uso industrial. Esto ha sido por décadas preocupación permanente de muchas organizaciones sectoriales competentes, como parte de una estrategia de desarrollo forestal sostenible, sin embargo, todavía existen vacíos respecto a información base de carácter local que permita consolidar a gran escala plantaciones forestales con especies nativas. La orientación de las fibras que componen la madera da lugar a la anisotropía de su estructura, por lo que a la hora de definir sus propiedades mecánicas hay que distinguir siempre entre la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra. En este hecho radica la principal diferencia de comportamiento frente a otros materiales utilizados en estructuras como el acero y el hormigón. Las resistencias y módulos de elasticidad en la dirección paralela a la fibra son mucho más elevados que en la dirección perpendicular (Vignote & Martínez, 2006). Actualmente en Guatemala existe poca información publicada acerca de normas y tablas técnicas de propiedades mecánicas de la madera proveniente de plantaciones forestales, no obstante, en otros lugares del mundo donde la madera es muy utilizada estructuralmente, tienen investigaciones más avanzadas en esta área. Uno de los proyectos más innovadores es la búsqueda de técnicas para realizar pruebas no destructivas para estructuras de madera, utilizando ondas sónicas y ultrasónicas, además de métodos de rayos-x y eléctricos (Tanasiu et al, 2002). Se presenta y discute el resultado de una serie de pruebas de laboratorio cuya finalidad es determinar la compresión, tensión paralela, corte y clivaje de la madera proveniente de plantaciones de Matilisguate, contribuyendo en la caracterización de maderas que ya son usadas en el país con múltiples fines industriales.

## Metodología

Se colectaron muestras de fustes de árboles provenientes de plantaciones forestales de Matiliguatate con edad de 8 años, establecidas como parte del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), administrado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB). El Cuadro 1, muestra la condición edáfico-climática de las localidades estudiadas, en la región norte (departamentos de Alta y Baja Verapaz e Izabal) y en la región sur (departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y San Marcos).

**Figura 1.** Condición edáfico-climática de las localidades estudiadas.

Localidad/Departamento	Suelo	Textura	Zona de vida
Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	Alfisol	Arcilloso	Bosque muy húmedo subtropical cálido
Finca la Palma, Baja Verapaz	Entisol	Franco	Bosque pluvial subtropical
El Estor, Izabal	Entisol	Franco arcilloso	Bosque muy húmedo subtropical cálido
Finca Labrador, Escuintla	Mollisol	Franco arcilloso	Bosque muy húmedo subtropical cálido
El Horizonte, Patulul, Suchitepequez	Andisol	Franco	Bosque muy húmedo subtropical cálido
Westrade, Tecún Umán, San Marco	Entisol	Arcilloso	Bosque muy húmedo subtropical cálido

FUENTE: (Vanegas, E. A. & Méndez, B.A. , 2011).

La muestra de fustes posee longitud de 1.60 m, se colectó en árboles dominantes respetando una altura de 40 cm sobre el nivel del suelo. Posterior al corte se aplicó pintura de aceite en las extremidades como mecanismo de preservación de la humedad. Las muestras fueron secadas al aire libre hasta alcanzar un valor promedio de humedad del 12%. Posteriormente se realizaron las probetas con dimensiones específicas para cada prueba, según la normativa de carácter internacional de la Sociedad Americana de

Pruebas y Materiales (ASTM, 1983) denominada “Ensayos en pequeños especímenes de madera libre de defectos”, en el laboratorio de Resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Finalmente la información fue interpretada y sistematizada.

## Resultados

La resistencia a la compresión es la facilidad con que la madera es comprimida al aplicarle un esfuerzo, el cual puede darse en dos direcciones, paralela y perpendicular al grano, siendo máxima la resistencia para la dirección paralela y mínima para la perpendicular. El Cuadro 1, muestra los resultados del análisis de compresión.

**Cuadro 1.** Compresión paralela a la fibra.

Procedencia	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo	
			Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Fray Bartolomé, Alta Verapaz	6070	26.64	227.86	22.34
Finca La Palma, Baja Verapaz	6230	25.76	241.85	23.72
El Estor, Izabal	6650	25.75	258.25	25.33
Finca Labrador, Escuintla	6150	25.89	237.54	23.30
El Horizonte, Patulul, Suchitepéquez	7080	25.36	279.18	27.38

Fuente: (Vanegas, E. A. & Méndez, B.A., 2011).

Como puede observarse la madera proveniente de las localidades de Patulul, Suchitepéquez y El Estor, Izabal requieren de un mayor esfuerzo para poder comprimirse, 27.38 y 25.33 Mpa, en relación a las otras muestras que requieren esfuerzos de H” 23 Mpa. Este valor es relativamente bajo para el reportado por CONAFOR 2008 (41-63 Mpa), sin embargo es muy semejante al reportado por Bustamante et al., 2008

Propiedades mecánicas de la madera de Matiliguat ( *Tabebuia Rosea* ) proveniente de plantaciones jóvenes, e implicaciones para su uso industrial en Guatemala

(26.04 Mpa, como promedio de 15 muestras procedentes de diferentes localidades).

La resistencia a la tensión, mediante la aplicación de fuerzas en igual y/o dirección opuesta, hacia fuera de la pieza en estudio, será muy pequeña si los esfuerzos son perpendiculares a las fibras, pero si se aplican paralelos a éstas se observa una gran resistencia. El Cuadro 2, presenta los resultados del análisis de las pruebas de tensión paralela a la fibra.

**Cuadro 2.** Tensión paralela a la fibra.

Procedencia	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo	
			Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Fray Bartolomé, Alta Verapaz	320	0.675	474.07	46.49
Finca La Palma, Baja Verapaz	475	0.675	703.70	69.00
El Estor, Izabal	475	0.625	760.00	74.53
Finca Labrador, Escuintla	450	0.780	576.92	56.58
El Horizonte, Patulul, Suchitepéquez	650	0.690	942.03	92.38
Westrade, Tecún Umán, San Marcos	480	0.632	759.49	74.48

Fuente: (Vanegas, E. A. & Méndez, B.A., 2011).

Los mayores esfuerzos de tensión son para los materiales procedentes de las localidades Patulul, Suchitepéquez (92.38 Mpa), Westrade, Tecún Umán y el Estor, Izabal (ambos con valor H<sup>o</sup> 74.5 Mpa). El menor esfuerzo es para el material de Fray Bartolomé de las Casas (46.49 Mpa). Estos valores están dentro del rango establecido por CONAFOR, 2008 (86-110 Mpa) y superior al promedio presentado por Bustamante et al., 2008 (52.00 Mpa).

La resistencia al corte es la capacidad de la madera de resistir una carga que tiende a seccionarla por un plano normal al eje longitudinal. En general,

si el esfuerzo se aplica en la dirección normal a las fibras, la resistencia será alta. El Cuadro 3, muestra la resistencia al corte.

**Cuadro 3.** Ensayo de corte.

Área mm		Procedencia	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo	
Ancho	Alto				Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
50.91	49.73	Fray Bartolomé, Alta Verapaz	1900	25.32	75.04	7.36
50.71	49.12	Finca la Palma, Baja Verapaz	2505	24.91	100.56	9.86
50.41	48.93	El Estor, Izabal	1925	24.67	78.03	7.65
50.49	49.47	Finca Labrador, Escuintla	1700	24.98	68.05	6.67
49.92	49.37	El Horizonte, Patulul, Suchitepéquez	1430	24.65	58.01	5.69
51.01	48.11	Westrade, Tecún Umán, San Marcos	1350	24.54	55.01	5.39

Fuente: (Vanegas, E. A. & Méndez, B.A., 2011).

Se observa mayor esfuerzo de corte para las muestras procedentes de Baja Verapaz (9.86 Mpa), Alta Verapaz y El Estor, Izabal (~ 7.4 Mpa). Estos valores están entre los rangos reportados por CONAFOR, 2008 y Bustamante et al., 2008, valores de 8 a 13 Mpa.

El Clivaje, también llamado hendibilidad, es la resistencia que presenta la madera a rajarse al introducirle un clavo, es decir, la resistencia de las fibras a separarse en sentido longitudinal. En general, las maderas húmedas aceptan mejor el clavado que las secas, y las blandas que las duras.

Propiedades mecánicas de la madera de Matiliguat ( *Tabebuia Rosea* ) proveniente de plantaciones jóvenes, e implicaciones para su uso industrial en Guatemala

**Cuadro 4.** Clivaje para la madera de Palo Blanco y Matiliguat, por localidad de muestreo.

Procedencia	Ancho mm	Carga kg	Esfuerzo
			Kg/mm
Fray Bartolomé, Alta Verapaz	50.52	225	44.54
Finca La Palma, Baja Verapaz	50.77	250	49.24
El Estor, Izabal	50.88	260	51.10
El Horizonte, Patulul, Suchitepequez	50.51	200	39.60
Westrade, Tecún Umán, San Marcos	50.54	225	44.52

Fuente: (Vanegas, E. A. & Méndez, B.A., 2011).

Los mayores esfuerzos de clivaje son para los materiales procedentes de las localidades de El Estor, Izabal (51.10 Kg/mm) y los menores para El Horizonte, Patulul, Suchitepéquez (39.60 Kg/mm), ver Cuadro 4. Estos resultados a la fecha no pudieron compararse con otra literatura, ya que materiales sobre Matiliguat, aún son escasos en las bases de datos de revistas científicas, respecto a la temática.

De conformidad con las propiedades mecánicas del Matiliguat, entre los usos actuales reportados se describen: muebles y gabinetes finos decorativos, revestimientos de interiores, ebanistería, pisos decorativos, chapas desenrolladas y rebanadas, artesanías e instrumentos musicales. Con uso potencial en carpintería de obra, productos moldurados, tableros, marcos de ventanas y puertas (CONAFOR, 2008).

## Conclusiones

La madera procedente de las plantaciones de Patulul, Suchitepéquez presenta mayores esfuerzos de compresión y tensión paralela a la fibra, valores de 27.38 y 92.38 Mpa, respectivamente, seguida de la madera procedente de El Estor, Izabal.

La madera procedente de las plantaciones de Baja Verapaz e Izabal presentan los mayores esfuerzos de corte y clivaje, valores de 9.86 Mpa y 51.10 Kg/mm, respectivamente.

Las pruebas evaluadas indican que la madera de mejor calidad proviene de localidades ubicadas en el Bosque muy Húmedo Subtropical Cálido tanto en la parte norte como sur del país, con regímenes moderados de precipitación media anual (H<sup>o</sup>2500 a 3000 m), temperaturas media anual (H<sup>o</sup>25 a 27 °C), suelos franco a franco arcillosos y altitud de 0 a 600 msnm.

## Referencias bibliográficas

- ASTM “Standards Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber”. In: Annual Book of ASTM Standard. Part I. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, United States. D-143 – 1983.
- Bustamante, A.O., Valdez Ch. R. y Trujillo V. L. 2008. Evaluación del comportamiento de tres maderas estructurales sometidas a compresión, flexión y cortante. Palma (*Cocos Nucifera*), Rosa Morada (*Tabebuia rosea*) y Pino (*Pinus sp.*). Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima, México. XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Veracruz, México. 21 p.
- CONAFOR. 2008. Fichas Técnicas sobre características tecnológicas y usos de la madera comercializadas en México. Zapotitlán, Jalisco, México. 62 p.
- Tanasoiu V., Miclea C., Tanasoiu C. (2002), “Nondestructive testing techniques and piezoelectric ultrasonics transducers for wood and built in wooden structures”, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials Vol. 4, No. 4, December 2002, p. 949 – 957.
- Vanegas Chacón E.A. & Méndez Paiz, B.A. 2011. Proyecto FODECYT 015-2008. Evaluación del efecto del sitio y aplicaciones de prácticas silviculturales en el crecimiento de rodales y calidad de la madera proveniente de plantaciones de Palo Blanco (*Roseodendron donnel-smithi*) y Matilisguate (*Tabebuia rosea*) en Guatemala. SENACYT-FAUSAC. 94 p.
- Vignote, S & Martínez, R. 2005. Tecnología de la Madera. Propiedades físico-mecánicas. Madrid, España. Ed. Mundi-Press. 674 p.

**Análisis de medidas repetidas  
provenientes de un experimento sobre  
riego y madurante en caña de azúcar  
(*Saccharum spp.*)**

---

*E.A. López Bautista\**

*E. Quaresma\*\**

FACULTAD DE ———  
**AGRONOMÍA**  
USAC

---

\* Doctorando Estadística y Exp. Agronómica, ESALQ/USP, Prof. Titular III, FAUSAC (Guatemala).

\*\* Doctorando Estadística y Exp. Agronómica, ESALQ/USP, Profesor UFOPA, Santarém, Pará (Brasil).

## Resumen

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los cultivos de mayor importancia económica para Guatemala. Uno de los principales objetivos de los ingenios azucareros es obtener los mejores rendimientos de azúcar por tonelada de caña de forma estable, para ello es realizada la aplicación de madurantes químicos. Para obtener los mejores resultados son realizados experimentos, en los cuales son evaluados diferentes tipos y dosis de madurantes, así como las condiciones de manejo que puedan afectar los resultados de estos productos. En estos ensayos es común realizar mediciones de algunas variables a lo largo del tiempo (lecturas realizadas después de la aplicación del madurante). El objetivo de este trabajo es presentar un análisis estadístico de datos de medidas repetidas de un experimento realizado con caña de azúcar, para evaluar el efecto de la humedad en el suelo en el efecto del madurante a base de glifosato. Fueron realizadas cinco lecturas de rendimiento de sacarosa expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y considerando el efecto del tiempo. Inicialmente fue aplicada la prueba de esfericidad de la matriz de varianzas, verificando que las varianzas de las diferencias entre pares de tiempos no son todas iguales y por tanto se optó por el análisis multivariado de perfiles. Con una mejor precisión este análisis permitió estudiar el comportamiento del rendimiento de azúcar con la aplicación del madurante a lo largo del tiempo. Por otra parte, la humedad en el suelo no tuvo efecto significativo.

**Palabras clave:** Estadística Experimental, análisis multivariado, glifosato.

## **Analysis of repeated measures from an experiment on irrigation and ripener in sugarcane (*Saccharum* spp.)**

### **Abstract**

Sugarcane (*Saccharum* spp.) is one of the crops with major economic importance in Guatemala. One of the main objectives of the sugar mills is to obtain the best and stability yields of cane and sugar per ton of cane; this is performed with the application of chemical ripening. For best results are carried out experiments, in which are evaluated different types and doses of ripeness, as well handling conditions that may affect the results of these products. In these trials, it is common to make measurements of some variables over time (measures made after the ripened application). The aim of this paper is to present a statistical data analysis of repeated measures of an experiment made with sugar cane, to assess the effect of the moisture in the soil in the effect of the ripening glyphosate. Five measurements of sucrose expressed in kilograms of sugar per ton of cane were made. The experimental design used was split-plot with random completed blocks and considering the effect of the time. It was initially applied the sphericity test of the variances matrix, verifying that the variances of the differences between pairs of times are not all equal and therefore opted for the multivariate analysis of profiles. With a better precision this analysis allowed to study the behavior of the sugarcane yield with the application of the ripening over time. On the other hand, the moisture in the soil had no significant effect.

**Keywords:** Experimental statistics, multivariate analysis, glyphosate.

## Introducción

Las actividades de cosecha de caña de azúcar, en Guatemala, son realizadas de noviembre a mayo, debido a que en esta época se presentan las condiciones climáticas adecuadas para el proceso de maduración (período de sequía moderada y amplias oscilaciones de temperatura y luminosidad) (López, 1999). Sin embargo, cuando esas condiciones no favorecen la maduración, es posible inducirla por medio de la aplicación de herbicidas, con efecto, madurador (Duke, 2003).

Ensayos realizados en ingenios azucareros en Guatemala muestran que las aplicaciones del madurante realizadas de diciembre a febrero no han producido efectos consistentes en el incremento de sacarosa y en la mayoría de los casos, la respuesta en términos de incremento de azúcar por tonelada de caña ha sido inferior al alcanzado con las aplicaciones realizadas en octubre e noviembre. Este problema puede ser debido a la baja humedad disponible en el suelo al momento de las aplicaciones, haciendo con que las plantas estén bajo estrés fisiológico y, por tanto, en un ritmo metabólico lento, ocasionando una absorción lenta del madurante (López, 1999). Para estudiar ese problema López (1999) realizó un experimento que incluyó diferentes regímenes de riego para analizar el efecto de la humedad del suelo en el efecto del madurante, midiendo el rendimiento de azúcar en cinco tempos, caracterizando un experimento de medidas repetidas, siendo razonable considerar que exista correlación entre las diferentes observaciones realizadas en una misma unidad experimental, de forma que el modelo lineal clásico no es adecuado por suponer la independencia entre las observaciones.

Según Huynh & Feldt (1970), una condición necesaria y suficiente para que se pueda aplicar un análisis de varianza univariado bajo el arreglo en parcelas divididas en un experimento con medidas repetidas, es que la matriz de covarianzas entre los tiempos cumpla la condición de esfericidad; para ello Mauchly (1940) propuso la prueba de esfericidad que verifica si una población normal multivariada presenta varianzas iguales y correlaciones nulas. Caso esta prueba resulte significativa se recomienda el uso del análisis multivariado de perfiles, o el análisis univariado. Con modelos mixtos (Mauchly, 1940).

## Material y métodos

**Área de estudio:** el ensayo fue realizado en la finca “El Bálsamo”, municipio de Siquinalá (Guatemala), localizada entre las coordenadas geográficas 14°19’ latitud norte e 90° 59’ de longitud oeste e altitud de 300 msnm (López, 1999)

**Unidad experimental:** fueron utilizadas parcelas de 9 ´ 10 metros (90 m<sup>2</sup>), con seis surcos de caña de azúcar de la variedad CP72-2086 de segundo corte, cada surco de 10 metros de largo y 1.5 m de distanciamiento.

**Factores y niveles:** fueron evaluados dos factores: RI = regímenes de riego (considerando la aplicación de la lámina de agua en diferente número y frecuencia de riego, y la etapa en que fueron aplicados con relación a la aplicación del madurante); y M= aplicación glifosato, CM (con madurante) e SM (sin madurante). Los niveles del factor regímenes de riego son descritos en el Cuadro 1.

**Cuadro 1** – Niveles del factor regímenes de riego.

**Table 1** – Levels of the factor irrigation regimes.

Código	Número de riegos		Frecuencia de riegos (días)
	Antes de la aplicación del madurante	Después de la aplicación del madurante	
6/4	6	4	10
6/0	6	0	10
3/0	3	0	25
2/0	2	0	50
0/4	0	4	10
0/2	0	2	25
0/0	0	0	0

**Diseño experimental:** fue utilizado un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y medidas repetidas en el tiempo; con tres repeticiones, en las parcelas grandes fueron colocados los niveles del factor regímenes de riego y en las parcelas pequeñas los niveles del factor aplicación del madurante.

**Variable de respuesta:** una de las variables medida fue el rendimiento de azúcar expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KAT), realizando las lecturas a los: 0,14,28,42 y 49 días después de la aplicación del madurante.

**Análisis estadístico de los datos:** inicialmente se verificó la condición de esfericidad de la matriz de covarianzas  $\Sigma$ , usando la prueba de Mauchly (1940). Enseguida, fue utilizado el modelo para análisis multivariado de perfiles, representado por:  $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\epsilon}$ ; siendo  $\mathbf{Y}$  una matriz de datos (variables respuestas);  $\mathbf{X}$  es la matriz de diseño del modelo;  $\boldsymbol{\beta}$  es la matriz de los

parámetros y  $\boldsymbol{\varepsilon}$  la matriz de errores, suponiendo que los N perfiles  $y_{ij} \sim N_t(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\Sigma})$ , siendo  $\boldsymbol{\Sigma}$  la matriz de covarianzas no estructurada, admitiendo varianzas diferentes en cada ocasión y covarianzas diferentes entre dos ocasiones cualquiera. Las hipótesis sobre los parámetros evaluadas fueron:  $H_0: \mathbf{C}\boldsymbol{\beta}\mathbf{U} = 0$ , en que  $\mathbf{C}$  y  $\mathbf{U}$  son matrices de constantes conocidas, y evaluadas con las estadísticas: Lambda de Wilks, Trazo de Pillai, Trazo de Hotelling-Lawley y Maior Raíz Característica de Roy. La decisión de estas estadísticas debe ser tomada a partir del mayor número de resultados concordantes. Después fueron aplicados contrastes para comparar los niveles del factor aplicación de madurante en cada lectura y fue ajustado un modelo de regresión para cada uno de esos niveles.

## Resultados y discusión

La hipótesis de esfericidad de la matriz de covarianzas fue rechazada por el criterio de Mauchly ( $W = 0,136441$ ;  $\chi^2_{(9)} = 24.73$ ; valor  $p = 0.003$ ) indicando que el modelo univariado no es adecuado para este análisis. Los resultados de las pruebas de hipótesis para verificar el efecto del tiempo, utilizando el análisis de perfiles multivariada son presentados en el Cuadro 2.

Como se puede observar en el Cuadro 2, tres de las cuatro estadísticas muestran que hubo solamente efecto significativo del **Tiempo** y de la interacción **Tiempo  $\times$  Madurante** sobre el rendimiento de azúcar por tonelada de caña. Por otra parte, los regímenes de riego y la interacción **Tiempo  $\times$  RI  $\times$  M** no presentaron diferencias significativas. Lo que muestra que la humedad del suelo no tuvo efecto en la acción del madurante. Esto fue confirmado al realizar las pruebas F de no existencia de los efectos principales y de interacciones de los factores, que proporcionaron los siguientes resultados: **RI** (valor  $p=0.2224$ ), **M** (valor  $p=0.1343$ ) y **RI $\times$ M** (valor  $p=0.9723$ ). Con base en esos resultados, se optó por estudiar posteriormente

únicamente el efecto de la interacción **Tiempo × Madurante** usando contrastes (Cuadro 3).

**Cuadro 2** – Resultados de las pruebas de hipótesis sobre la inexistencia del efecto del tiempo (T) y de las interacciones con bloque (B), RI y M en el rendimiento de azúcar (ATC)

**Table 2** – Results of the tests of hypotheses concerning the absence of time effect (T) and interactions with block (B), RI and M on the sugar-cane yield.

Estatística		T	T×B	T×B×RI	T×RI	T×M	T×RI×M
<u>Wilks</u>	Valor	0,2551	0,4472	0,0346	0,1967	0,4662	0,1477
	F	8,03	1,36	1,29	0,82	3,15	1,20
	g.l.	(4;11)	(8;22)	(48;44,41)	(24;32,6)	(4;11)	(24;39,58)
	Pr > F	<b>0,0028</b>	0,2664	0,1971	0,6936	<b>0,0502</b>	0,2952
<u>Pillai</u>	Valor	0,7449	0,6444	2,1425	1,2007	0,5338	1,2002
	F	8,03	1,43	1,35	0,86	3,15	1
	g.l.	(4;11)	(8;24)	(48;56)	(24;48)	(4;11)	(24;56)
	Pr > F	<b>0,0028</b>	0,2363	0,1420	0,6506	<b>0,0502</b>	0,4812
<u>Hotelling-Lawley</u>	Valor	2,9203	1,0316	6,1802	2,4189	1,1451	3,6142
	F	8,03	1,36	1,28	0,82	3,15	1,52
	g.l.	(4;11)	(8;13,58)	(48;21,24)	(24;14,09)	(4;11)	(24;18,50)
	Pr > F	<b>0,0028</b>	0,2953	0,2728	0,6742	<b>0,0502</b>	0,1801
Roy	Valor	2,9203	0,7632	3,6032	1,6075	1,1451	2,9773
	F	8,03	2,29	4,20	3,22	3,15	6,95
	g.l.	(4;11)	(4;12)	(12;14)	(24;14,09)	(4;11)	(6;14)
	Pr > F	<b>0,0028</b>	0,1197	<b>0,0064</b>	<b>0,0403</b>	<b>0,0502</b>	<b>0,0014</b>

En el Cuadro 3 son presentadas las medias de los rendimientos de azúcar por tonelada de caña para cada una de las lecturas realizadas y para cada nivel del factor aplicación de madurante. Las diferencias fueron significativas solamente a los 28 (inicio del efecto del madurante) y 49 días después de la aplicación del madurante (cosecha de la caña), siendo superior el rendimiento promedio de las unidades experimentales donde

fue aplicado el madurante, comparado con las que no recibieron este producto (Cuadro 3).

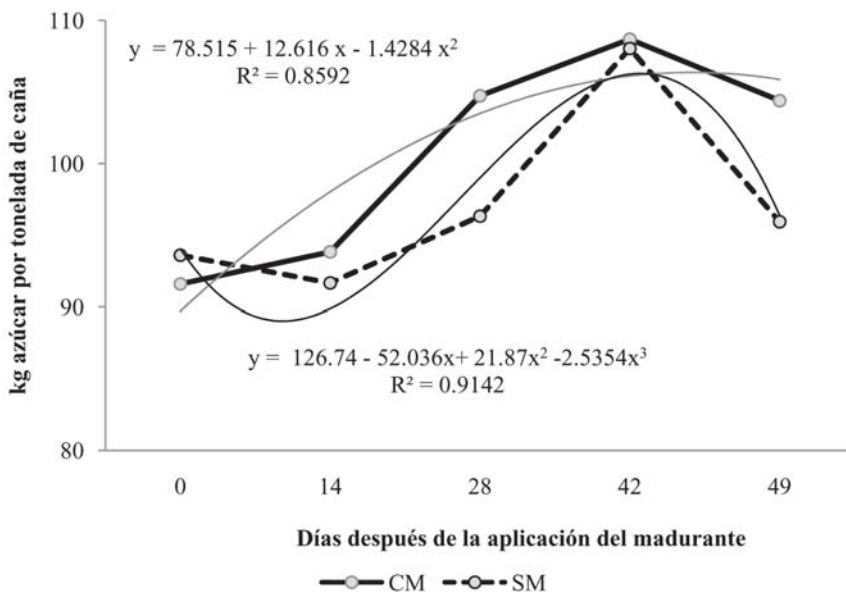
**Cuadro 3** – Rendimientos promedio de azúcar (ATC) de los niveles de aplicación de madurante y resultados de las comparaciones entre esos niveles en cada uno de los tiempos.

**Table 3** – Average sugarcane yields of the levels of ripener application and results of comparisons between these levels in each measurement.

Madurante	Tiempo (días)				
	0	14	28	42	49
CM	91.597	93.834	104.7330	108.688	104.3985
SM	93.595	91.659	96.3214	108.041	95.933
Comparación	Valor de la estadística F y nivel descriptivo				
CM contra SM	0.92 (0.3537)	0.91 (0.3558)	9.25 (0.008)	0.01 (0.9187)	2.94 (0.038)

En la Figura 1 se muestra el comportamiento del rendimiento medio del contenido de azúcar en el tiempo, para los niveles del factor aplicación del madurante e también el modelo de regresión ajustado para cada caso.

Se nota la diferencia en el comportamiento del rendimiento medio de azúcar a lo largo del tiempo, la curva de crecimiento es mayor para las parcelas con madurante, y el modelo cuadrático con mejor ajuste ( $R^2=0.8592$ ). En el caso de las parcelas sin madurante, el modelo polinomial de tercero grado presentó el mejor ajuste ( $R^2=0.9142$ )



**Figura 1** – Comportamiento del rendimiento medio de azúcar en el tiempo, en las parcelas con (CM) y sin madurante (SM), y curvas de regresión ajustadas.

**Figure 1** – Behaviour of the average yield sugarcane at the time in the plots with (CM) and without ripener (SM), and adjusted regression curves.

## Conclusiones

- a) Se constató el efecto del tiempo y de la interacción Tiempo × Madurante sobre el rendimiento de azúcar por tonelada de caña, por medio del análisis de perfiles multivariados.
- b) No se detectó efecto de la humedad del suelo en el efecto del madurante.
- c) El rendimiento medio de las parcelas con madurante fue superior, comparado con las que no recibieron este producto, defiriendo solamente a los 28 y 49 días después de la aplicación.

## Literatura citada

- [1] DUKE, S. O. Herbicides: Glyphosate. In: PLIMMER, J. R.; GAMMON, D. W.; RASGS-DALE, N. N.(Eds.) Encyclopedia of Agrochemicals. New York: John Wiley & Sons, 2003.
- [2] HUYNH, H. & FELDT, L.S. Conditions under which mean square ratios in repeated measurements designs have exact F-distributions. Journal of the American Statistical Association, 65: 1582-1589, 1970.
- [3] LOPEZ BAUTISTA, E.A. 1999. Influencia de la lámina de riego en el efecto del madurante en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) var. CP-722086. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Facultad de Agronomía. 92 p.
- [4] MAUCHLY, J. W. Significance Test for Sphericity of a Normal n-Variate Distribution. The Annals of Mathematical Statistics, 11: 204-209, 1940.



# **Guía para la implementación de la Norma ISO 14001, en el proceso de producción de la caña de azúcar**

*Jaime Santiago Pezzarossi Cruz\**  
*Eddi Alejandro Vanegas Chacón\*\**

FACULTAD DE \_\_\_\_\_  
**AGRONOMÍA**  
USAC

---

\* Maestro en Gestión de Calidad, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

\*\* Doctor. Profesor Programa de Estudios de Postgrado, Facultad de Agronomía, USAC.

## Resumen

La implementación del proceso de gestión ambiental en una organización está fundamentada en el compromiso del capital humano y de la disponibilidad de una herramienta de gestión sistemática que interactúe dentro del modelo de gestión empresarial de la organización, por ejemplo, la norma ISO14001. Ésta proporciona a las organizaciones elementos para un sistema de gestión ambiental que permite lograr y demostrar un desempeño ambiental válido para el control del impacto de sus actividades, productos y servicios sobre el ambiente, tomando en cuenta su política ambiental y objetivos. La guía de aplicación de la norma ISO 14001 al proceso de producción de la caña de azúcar es una herramienta de gestión ambiental que podrá ser utilizada de forma única en los trece ingenios azucares asociados a AZASGUA, debido a que: identifica posibles impactos ambientales del proceso de producción en las etapas de preparación del terreno, siembra, mantenimiento del cultivo, cosecha, y transporte de la caña de azúcar; plantea medidas de prevención, control o mitigación de los impactos negativos; define los lineamientos de un plan básico de gestión ambiental de la producción de caña de azúcar y sugiere un sistema de controles medio-ambientales. Así mismo, la guía “per se” se constituye en un ejercicio metodológico de la aplicación de la gestión ambiental, tema de actualidad debido a la incipiente degradación de los recursos naturales en el país, siendo una fuente bibliográfica de gran utilidad para estudiantes y profesionales relacionados con los temas de gestión, análisis ambiental estratégico y conservación ambiental.

**Palabras clave:** ISO 14001, gestión ambiental, producción agrícola, caña de azúcar.

## **Abstract**

The implementation of the environmental management process in an organization is based on the commitment of human capital and the availability of a systematic management tool that interacts within the business management model of the organization, such as ISO 14001. This provides organizations with elements for an environmental management system that achieves environmental performance and monitoring the impact of its activities, products and services on the environment, taking into account their environmental policy and objectives. The guide for application of ISO 14001 to the production process of sugar cane is an environmental management tool that can be used in the thirteen AZASGUA associated sugar mills, because: identifies potential environmental impacts of the production process in the stages of land preparation, planting, crop maintenance, harvesting and transporting sugar cane; raises prevention, control or mitigate of the negative impacts; defines the basic outlines of a plan's environmental management production of sugar cane and suggests a system of environmental controls. Also, the guide "per se" constitutes a methodological exercise of implementing environmental management, topical issue because of incipient natural resource degradation in the country, being a useful source of literature for students and professionals related management issues, strategic environmental assessment and environmental conservation.

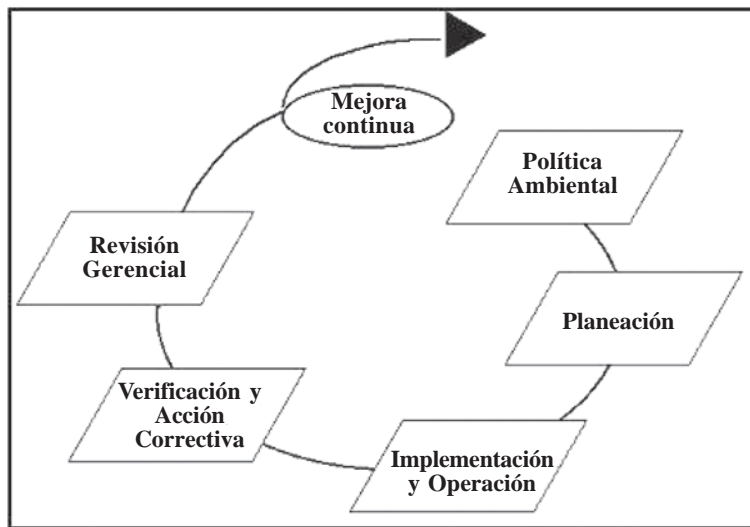
**Keywords:** ISO 14001, environmental management, agricultural production, sugarcane.

## Metodología

La metodología del presente trabajo de graduación consistió en recopilar información bibliografía en el ámbito conceptual de la gestión ambiental a través de la consulta de libros de texto, trabajos de tesis de graduación y páginas web, así como un amplio conocimiento de la norma ISO 14001. El proceso fue reforzado con visitas a ingenios de la Costa Sur del país (Pantaleón/Concepción, La Unión, Madre Tierra, Magdalena y Grupo Corporativo Santa Ana) para presenciar y conocer el proceso de producción de la caña de azúcar y sus variantes dependiendo de las condiciones bioclimáticas de la Costa Sur. Así mismo, se visitó ASAZGUA, la asociación de los productores de azúcar de Guatemala. La implementación de la norma ISO 14001 al proceso productivo de caña de azúcar, referente a la gestión ambiental consistió en la aplicación metodológica “per se” de la norma, cuyos requerimientos básicos se enumeran a continuación y se ilustran en la Figura 1.

- a. Definición de la política ambiental
- b. Planeación  
Aspectos ambientales, requisitos legales, objetivos y metas, programa de gestión ambiental
- c. Implementación y operación  
Estructura y responsabilidad, capacitación, conciencia y competencia, comunicación, documentación, control de documentos, control de operaciones, preparación y respuesta a emergencias
- d. Verificación y acciones correctivas  
Supervisión y medición,  
- No conformidad y acciones correctivas, - Registros  
- Auditoría
- e. Revisión periódica

Minuciosamente estos elementos fueron analizados e interpretados para generar una guía práctica de aplicación de esta herramienta al proceso de producción de caña de azúcar en el país.



**Figura 1.** Modelo del Sistema de Gestión ambiental con base en la norma ISO 14001.

## Resultados

### Política ambiental

ASAZGUA, la Asociación de Azucareros de Guatemala presenta su política ambiental, a través del cumplimiento de sus objetivos operacionales que son (ASAZGUA, 2007): incrementar la producción a través del desarrollo y mejoramiento de la productividad, tanto en el campo como en la

fábrica, tecnificar y capacitar recursos humanos, desarrollar proyectos y programas que incrementen la capacidad de los sistemas de producción del campo y la fábrica, la distribución y la comercialización del producto y de los sistemas de embarque, mejorar las condiciones de vida de los trabajadores de la industria azucarera, de la población en general y el medio ambiente, así como, apoyar activamente el fortalecimiento de los gobiernos locales en los distintos municipios.

## **Objetivos**

- a. Unificar criterios para la gestión ambiental del sector cañero del país.
- b. Difundir la política ambiental de producción de caña de azúcar.
- c. Difundir la legislación ambiental entre los productores para facilitar su cumplimiento.
- d. Presentar una descripción del proceso de producción de la caña de azúcar y sus impactos ambientales
- e. Presentar una guía de gestión ambiental para el control y prevención de los impactos ambientales generados por la actividad productiva, buscando una producción limpia.

## **Planeación**

La planificación ambiental es un conjunto de lineamientos básicos que deben considerarse en la formulación de un proyecto productivo, con el objeto de que éste responda adecuadamente a los propósitos de conservación del entorno natural, la eficiente utilización de los recursos, el aumento en la productividad y el cumplimiento de la legislación ambiental (Clements, 1996). Cuando el productor de caña de azúcar se prepara para iniciar un nuevo ciclo de cultivo o agregar nuevas tierras a este propósito, considera un conjunto importante de variables relacionadas con la naturaleza y vocación agrícola de los suelos (USDA, 1975), para alcanzar su objetivo final, una mejor cosecha. Por tanto, con la planificación ambiental se pretende incorporar los aspectos ambientales al proceso de planeación productiva, sin

importar que estos impactos sean soportados por el productor o por un tercero. El Cuadro No. 1 presenta criterios y comentarios sobre la planificación en el proceso de producción de caña de azúcar.

**Cuadro No. 1.** Criterios a considerar en la planeación ambiental del cultivo de caña de azúcar.

<b>Criterio</b>	<b>Comentario</b>
Planeación productiva	Define el momento de la siembra de la caña de azúcar, el cronograma de actividades productivas, los requerimientos financieros y de mano de obra. Establece los niveles de producción y ganancias esperadas.
Ordenamiento territorial	Planifica los procesos productivos en armonía con el ordenamiento territorial.
Diagnóstico ambiental	Identifica las condiciones abióticas y bióticas del entorno natural circundante del cultivo de la caña de azúcar-
Recursos	Establece los recursos naturales requeridos por el cultivo y proceso productivo.
Posibles impactos ambientales	Identifica los posibles impactos negativos y positivos del cultivo de la caña de azúcar. Plantea alternativas para eliminar o mitigar los negativos y potencializar los positivos.
Clasificación de posibles impactos ambientales	Clasifica los posibles impactos ambientales de acuerdo con su importancia y nivel de significancia-
Productos, subproductos y residuos	Identifica y cuantifica los productos, subproductos y residuos generados por el cultivo de la caña de azúcar.
Plan de manejo	Implementa el uso de fichas de manejo ambiental y define los componentes a considerar

### **Requisitos legales**

La legislación ambiental aplicable al sector azucarero está enmarcada dentro del sistema legislativo de Guatemala que obedece a la siguiente estructura jerárquica (PNUMA, 1999): La Constitución Política de la República, Leyes Constitucionales, Tratados Internacionales, Leyes Ordinarias, Disposiciones Reglamentarias y Normas Individualizadas (sentencia judicial, resolución administrativa).

### **Impactos ambientales**

Los impactos ambientales son los cambios ocasionados por las acciones o implementación de proyectos productivos (debido a la acción antrópica) sobre el medio natural, incluye los componentes abiótico, biótico y social. Estos se clasifican en diversas categorías como: directos, indirectos, acumulativos, de corto, mediano o largo plazo, reversibles, irreversibles, puntuales, locales, regionales, nacionales o globales (Espinoza, 2001). Los impactos pueden resultar de la acumulación de efectos menores del proceso productivo, que independientemente resultan despreciables, pero que en conjunto, ocasionan efectos significativos. Así, un impacto ambiental que se causa sobre la flora o la fauna, el suelo, el agua, el aire o el clima y sobre el hombre mismo, incluidos sus componentes culturales y económicos. Los mismos ocurren o se generan por actividades de un proyecto y por ende, durante la construcción y operación de éste se deben implantar medidas tendientes a prevenir, mitigar, corregir y compensar tales impactos negativos, así como también a potenciar los positivos. El Cuadro 2, presenta los posibles impactos ambientales derivados del proceso de producción de la caña de azúcar.

**Cuadro 2.** Posibles impactos ambientales derivados del cultivo de la caña de azúcar.

<b>Actividad</b>	<b>Recurso</b>	<b>Impacto</b>
<b>Preparación del terreno:</b> Descepado, nivelación, subsolada, arado, rastrillado, surcado, tratamiento de semilla y siembra	Agua Suelo	-Arrastre de suelo a los cauces de los ríos -Pérdida del suelo (agotamiento) -Remoción de las capas vegetales -Compactación -Alteración del Ecosistemas -Pérdida de materia orgánica
	Flora y fauna	-Remoción cobertura vegetal -Presión sobre áreas de importancia ecológica y de cauces
	Social	-Exposición al ruido, polvo y vibración-Cambio de vocación agrícola del suelo -En períodos húmedos arrastre de suelo a las vías de acceso y callejones entre surcos -Deterioro de las vías de acceso y callejones entre surcos
<b>Mantenimiento del cultivo:</b> Control de malezas, fertilización e irrigación	Agua	- Arrastre de contaminantes a las aguas subterráneas y superficiales - Disminución del volumen en cuerpos de agua - Arrastre de contaminantes por escorrentía y percolación
	Aire	- Deriva de productos
	Suelo	- Disminución de la respiración del suelo - Disminución de la actividad biológica de organismos benéficos - Fitotoxicidad en cultivos - Pérdida del suelo por arrastre debido a la irrigación- Salinidad
	Flora y Fauna	- Modificación de hábitat de especies
	Social	-Alteración de cultivos vecinos - Disminución de la cantidad o calidad del recurso agua - Disminución potencial de la capacidad de los acuíferos
<b>Cosecha:</b> Aplicación de maduradores	Agua	-Contaminación de efluentes por lavado de equipo de fumigación - Arrastre de contaminantes a las aguas superficiales y subsuperficiales
	Aire	- Contaminación del aire
	Social	-Alteración de cultivos vecinos

Actividad	Recurso	Impacto
Quema de la caña	Aire	- Contaminación del aire por hollín
	Suelo	- Alteración del suelo por aumento en la temperatura
	Flora y fauna	- Modificación de hábitat de especies
	Social	-Daño a la salud de las comunidades
Corte, alce y transporte	Suelo	-Acumulación de residuos. -Compactación
	Social	-Exposición al ruido, polvo y vibración. -En época de lluvia arrastre de lodo a las vías de acceso. -Dispersión de caña en las vías de comunicación

### Programa de gestión ambiental

Para que la planeación ambiental tenga éxito, ésta debe ir acompañada de un programa de gestión ambiental, que defina claramente los mecanismos operativos o de acción requeridos en las etapas del proceso productivo. Así, la gestión ambiental esta referida a los procesos, mecanismos, acciones y medidas de control involucradas en cada etapa productiva, con el propósito de asegurar el cumplimiento de los lineamientos establecidos en la planeación ambiental (Prando, 1996; Buroz, 1998). La gestión ambiental involucra, además, aquellos procesos de interacción institucional en los cuales se promueven los procesos de planeación ambiental y participación comunitaria. Debe reconocer los actores involucrados en la problemática ambiental (la comunidad, la autoridad local y el ambiental) e interactuar con ellos para alcanzar los objetivos comunes. También, debe de ser estratégico, dinámico y evolutivo, de manera tal que, se busque el mejoramiento continuo en los diferentes tópicos para obtener productos de buena calidad teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental. El Cuadro 3, muestra los criterios a considerar en el proceso de gestión ambiental.

**Cuadro 3.** Criterios a considerar en el proceso de gestión ambiental del cultivo de caña de azúcar.

<b>Criterio</b>	<b>Comentario</b>
Manejo de la información	Identifica y colecta toda la información ambiental y tecnológica relacionada con la bio-región del cultivo de la caña de azúcar
Relaciones interinstitucionales	Establece los mecanismos para garantizar relaciones interinstitucionales dinámicas y oportunas. Busca escenarios de concertación y participación.
Divulgación	Define estrategias de divulgación de los procesos de gestión ambiental
Fortalecimiento institucional	Define estrategias para establecer un manejo adecuado de los posibles impactos ambientales derivados del proceso productivo
Capacitación	Capacitación continua de los trabajadores en temas ambientales y de seguridad laboral
Evaluación y control	Especifica mecanismos y herramientas que garanticen el cumplimiento de los objetivos de producción
Aplicación	Establece cronogramas de ejecución y cumplimiento
Ajustes	Realiza ajustes al proceso por la naturaleza dinámica y cambio climático.

## **Implementación y operación**

La implementación y operación de un sistema de gestión ambiental, además del programa ambiental, debe presentar la forma en que la operación del mismo será administrada.

### **Estructura y responsabilidad**

Debe existir un órgano responsable por la implementación y mantenimiento del plan de gestión ambiental, en este caso se sugiere el departamento de medio ambiente de ASAZGUA, a fin de ser el órgano rector de los 13 ingenios azucareros que funcionan actualmente en Guatemala. Este departamento será el encargado de la implementación y revisión periódica del plan de gestión ambiental, debiendo informar a la Dirección de ASAZGUA de los resultados obtenidos, lo que debe quedar documentado.

### **Capacitación y competencias**

Todos los empleados relacionados con las actividades de campo y administración del sistema de gestión ambiental que puedan tener impacto significativo sobre la conservación del ambiente deben ser capacitados para cumplir con determinado nivel de conocimiento. Por ejemplo, cortadores, tractoristas, técnicos de irrigación, personal que maneje agroquímicos, mecánicos y pilotos de camiones, hasta ingenieros y administradores de la producción de la caña de azúcar. Se definen como criterios mínimos de capacitación (Cornejo, 2002):

- a. Informar sobre la importancia de cumplir las políticas y procedimientos ambientales.
- b. Establecer los actores responsables por el control de los impactos negativos del proceso productivo e identificar el costo de no ser mitigados.
- c. El cumplimiento de la política ambiental de la asociación de azúcares y la concordancia con el plan de gestión ambiental, incluye la respuesta ante emergencias, por ejemplo, inundaciones, bajas de temperatura, etc.
- d. Apropiación conceptual de desarrollo sostenible y gestión ambiental.

La competencia se considera como la combinación adecuada de la educación, la formación y la experiencia. Para lograr competencia, se reco-

mienda establecer controles y atribuciones de puestos operacionales en campo y administración del sistema productivo de la caña, afortunadamente en el sector cañero, CENGICANA ya fue certificada con la ISO 9001 (la parte del proceso industrial, no así las fases de campo) en el año 2000, por lo que ya se cuenta con alguna experiencia previa en el proceso de certificación ISO.

### **Documentación y control de documentos**

Dentro de la administración de la gestión ambiental, la documentación juega un papel muy importante ya que constituye todos los medios escritos y digitales que comprueban la implementación del plan de gestión ambiental. Según Cornejo (2002), se recomienda niveles de documentación:

**Nivel I.** Lo constituye el manual ambiental, es donde se describen todas las actividades operacionales del plan de gestión ambiental, se inicia con la política y comprende la descripción de los criterios y comentarios del plan de gestión en la etapa de producción de la caña de azúcar.

**Nivel II.** El manual de procedimientos, que describe de forma específica operaciones intrínsecas al proceso de la producción de la caña de azúcar, tal como arado, siembra, aplicación de agroquímicos, calendario de irrigación, etc. Se caracteriza por ser una secuencia de tareas, describe cómo, cuándo, dónde y quién ejecuta las tareas.

**Nivel III.** Instructivos: describe los pasos de tareas de realización individual y no colectiva. Por ejemplo, cumplimiento del calendario de corte, irrigación, control de plagas, corte, carga y entrega de caña en la fábrica.

**Nivel IV.** Registros, cuando se cumple con los procedimientos o instrucciones se origina una serie de resultados, llamándose de registros medio-

ambientales, regularmente son fichas, formatos, ayudas visuales o en algunos casos, formas digitales.

Los documentos de la implementación del plan de gestión deben cumplir con algunos requisitos auditables (Cornejo, 2002):

Deben ser legibles y fechados, todos los documentos tiene que tener un número de registro, lo que los convierte en auditables. Deben ser autorizados por instancia superior relacionada con el proceso o instrucción. Los documentos retrasados, deben ser marcados con algún tipo de sello para la deducción de responsabilidades legales. La documentación debe ser archivada durante un tiempo determinado por la asociación, por ejemplo 3 años.

### **Control operacional**

La ISO 14001 presenta controles operativos de las actividades cotidianas del proceso productivo de la caña de azúcar denominados de controles medio-ambientales, se sugiere la realización de cuadros de entradas, actividad agrícola, salidas y medidas de control. El Cuadro 4, plantea estos elementos considerando las principales salidas sobre las cuales se debe realizar un control medio-ambiental.

### **Preparación y respuesta ante emergencias**

En las normas ISO, la 14001 se caracteriza por la necesidad de un procedimiento para cubrir emergencias. Existen operaciones agrícolas que pueden alterar el ambiente, por ejemplo la vertiente de una presa de agua, el descontrol de maquinaria agrícola, vertiente de residuos agroquímicos, incendios por quema no regulada, accidentes en vías de acceso aledañas a los ingenios. Por lo que la asociación debe contar con medidas estratégicas para el efecto. Por ejemplo instalar estratégicamente en un lugar de la costa sur, un centro de prevención y control de emergencia de la produc-

ción de caña de azúcar. Así bien, instalar un departamento de control de emergencias en cada uno de los ingenios.

## **Seguimiento y mejora**

Una vez que se ha identificado qué y donde se va a controlar o mitigar, se plantean medidas de prevención, control o mitigación las cuales deben garantizar la sostenibilidad del proceso productivo.

## **Monitoreo y medición**

Indica la cuantificación de los impactos ambientales sobre los recursos naturales a través de parámetros específicos de medición, se constituye en un registro estadístico del proceso de producción a través del tiempo. El Cuadro No. 5 sugiere la época de monitoreo y parámetro a evaluar.

## **No conformidad y acción preventiva correctiva**

La no conformidad se define como la actividad o actividades que no cumplen con el programa de administración del plan de gestión ambiental. La no conformidad surge como resultado de una medida que no cumple con la prevención, control o mitigación del impacto ambiental y que sea recurrente. La norma ISO 14001 requiere para la solución de la no conformidad (Cornejo, 2002):

- a. Responsabilidad para investigar la no conformidad, para complementar la medida preventiva, de control o de mitigación.
- b. Regular la magnitud de las nuevas medidas.
- c. Registrar cambios en los procesos documentados que resulten de la toma de nuevas medidas.

Los índices más comunes de la no conformidad pueden ser (Cornejo, 2002): alteración de parámetros de las variables cuantificables a través del tiempo, quejas de personas interesadas, inconsistencia en la administración del plan de gestión deficiencias del plan y su administración como producto de auditorías.

**Cuadro No. 4.** Entradas, actividad agrícola, salidas y control medio-ambiental del proceso de producción de la caña de azúcar.

<b>Entrada</b>	<b>Actividad agrícola</b>	<b>Salida</b>	<b>Control medio-ambiental</b>
Introducción de maquinaria	Adecuación y preparación del terreno	Emissiones atmosféricas (polvo)	Cuantificación de las partículas sólidas en el aire, pérdida de suelo por alteración de las capas arables, alteración a cultivos aledaños
Calor, agua y fungicidas	Tratamiento de la semilla	Vertientes líquidas	Cuantificación de desechos de agroquímicos
Control de malezas, fertilización	Mantenimiento del cultivo	Escorrentía de la preparación de agroquímicos, residuos sólidos (envases)	Cuantificar en fuentes de agua niveles de residuos tóxicos por agroquímicos y regular el desecho de envases de agroquímicos.
Agua e infraestructura para riego	Irrigación	Sobrantes de riego, pérdida del suelo, trazas de agroquímicos	Cuantificar la escorrentía de las áreas irrigadas, la pérdida de suelo por erosión hídrica y la calidad de los efluentes
Aplicación de madurantes	Concentración de azúcares	Escorrentía, residuos sólidos, emisiones a la atmósfera	
Combustibles	Quema	Humo, gases, emisiones de material particulado	
Introducción de maquinaria	Corte, alce y transporte	Residuos de biomasa en el campo, compactación del suelo, emisiones a la atmósfera	

**Cuadro No. 5** Monitoreo y medición de los impactos ambientales.

Actividad	Componente	Parámetros
Preparación del terreno	Nivelación, subsolado, arado, rastrillado y surcado	Erosión t/ha/año
	Siembra	Porcentaje de pegue en el campo y de plantas sanas
Mantenimiento del cultivo	Control de malezas	Reducción del nivel de incidencia e intensidad de las malezas
	Fertilización	Incremento del rendimiento en tch en función de dosis aplicadas
	Irrigación	Volumen de agua por período de riego, eficiencia operacional de los sistemas de riego
Cosecha	Aplicación de madurantes	Incremento de sacarosa por tch
	Quema	Nivel de pavesa en el aire; número de quemas y quemas no controladas
	Corte alce y transporte	Emisión de CO <sub>2</sub> ; partículas sólidas en el aire; compactación del suelo.

**Registro**

Los registros son la evidencia objetiva de la realización de la actividad, hace parte del proceso de documentación y se rige por los mismos principios.

**Auditorías al sistema de gestión ambiental**

Para garantizar que la administración del plan de gestión ambiental sea eficiente, se deben realizar auditorías, cuya finalidad principal incluye: La verificación de la estructuración del plan de gestión ambiental en relación a la norma ISO 14001. La implementación y administración del plan de gestión ambiental. Promover la revisión de la efectividad del plan de gestión ambiental y buscar oportunidades de mejora.

La realización de la auditoría es condicional a que el plan de gestión ya haya sido implementado y este funcionando, es decir tener clara la política en la que se basan los procedimientos, instrucciones y por supuesto la empresa auditora. La instrucción de la auditoría ambiental “per se” ya no corresponde a la ISO 14001, más bien a las ISO 14010, 14011 y 14012.

## **Revisión periódica**

La revisión del plan de gestión ambiental, su implementación y administración surgen periódicamente (en el caso de la caña de azúcar se recomienda un período de 5 años, ya que es un ciclo del cultivo), producto de una no conformidad de gran impacto ambiental, o de una auditoría ambiental. El plan debe revisarse por completo si su política ambiental sufre alteraciones de forma.

## **CONCLUSIONES**

1. La guía para la aplicación de la norma ISO 14001 al proceso de producción de la caña de azúcar, es una herramienta versátil que permite a ASAZGUA la administración de un proceso de gestión ambiental en los ingenios azucareros asociados.
2. Los impactos ambientales del proceso de producción en las etapas de preparación del terreno, siembra, mantenimiento del cultivo, cosecha, y transporte de la caña de azúcar causan, en su mayoría, daños reversibles al medio ambiente mediante la implementación de medidas de mitigación y monitoreo al proceso de aplicación de la norma ISO 14001.
3. La correcta implementación de la norma ISO 14001, mediante el seguimiento de la guía, sugiere los lineamientos de un proceso de controles medio-ambientales que coadyuvan a la productividad sostenible de la caña de azúcar en el país.

## **Bibliografía citada**

- ASAZGUA. 2007. Ingenios (en línea). Guatemala. Consultada 8 Oct. 2007. Disponible en <http://www.azucar.com.gt>
- Buroz, C. 1998. La gestión ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental. Venezuela, Fundación Polar. 376 p.
- CENGICAÑA. 2007. Noticias (en línea). Guatemala. Consultada 20 de Sep. 2007. Disponible en <http://www.cengicana.org>
- Clements, R. 1996. Guía completa de las normas ISO 14000. U.S.A., Printice Hall. 285 p.
- Cornejo, F. 2002. Implementación de un sistema de administración ambiental de contaminación hídrica (basado en ISO 14000) para el proceso de galvanizado por inmersión en caliente. Ingeniero Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 148 p.
- Espinoza, G. Fundamentos de Evaluación de Impacto ambiental. 2001. Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Santiago de Chile. 183 p.
- PNUMA - Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. 1999. Manual de legislación ambiental de Guatemala. Guatemala, PNUMA. 114 p.
- Prando, R. 1996. Manual de gestión de la calidad ambiental. Guatemala, Piedra Santa. 184 p.
- USDA. 1975. Soil Taxonomy. Agricultural Handbok No. 436. Washington, D.C. 753 p.
- Walss, R. 2001. Guía práctica para la gestión ambiental. México, McGraw Hill. 434 p.



**Voluntad de pago de los usuarios del agua  
de uso doméstico, proveniente de la  
montaña El Socó, por el método  
de valoración contingente, en el municipio  
de Patzicía, Chimaltenango, Guatemala**

---

*Betzy Eugenia Hernández Sandoval\**

*Ariel Abderramán Ortiz López\*\**

*Mario Alberto Méndez Muñoz\*\**

*Hermógenes Castillo\*\**

*Silvel Elías Gramajo\*\**

*Mirna Ayala\*\**

FACULTAD DE  
**AGRONOMÍA**  
USAC

---

\* Autora de la tesis.

\*\* Profesor investigador de la Facultad de Agronomía de la USAC.

## Resumen

La deforestación en la Montaña El Socó podría disminuir el flujo neto de agua, ya que es zona de recarga hídrica. La mayoría de manantiales de esta montaña suplen las necesidades de la población de Patzcía. Lamentablemente ha existido muy poco reconocimiento de la población y autoridades sobre la necesidad de invertir en la conservación de los ecosistemas que proveen el agua. Siendo importante conocer la disposición a pagar de los usuarios del agua doméstica por el servicio ambiental de recarga hídrica, se realizó el presente estudio. Para ello se utilizó el Método de Valoración Contingente. Se realizó una encuesta con un muestreo simple aleatorio, realizando 166 entrevistas. Se empleó una boleta estructurada, con variables cualitativas y cuantitativas. Se consideraron la cabecera municipal, la aldea Paut y el caserío Santa María Cerro Alto, del municipio de Patzcía.

El estudio encontró que el 66% de la población urbana y el 50% de la población rural están dispuestos a colaborar para la conservación del bosque: con un jornal anual y dinero, y solamente con un jornal anual, respectivamente. Para la administración del fondo de conservación, la municipalidad y los comités de agua fueron considerados como más transparentes (40.91% de respuesta para cada uno). La población con una voluntad de pago en forma monetaria sugirió hacerlo de la forma siguiente: el 56.36% prefirió hacer su contribución directamente a la institución a cargo de los fondos; el 21.82% quiso hacerlo cargándolo a su recibo del agua y el porcentaje restante no respondió.

**Palabras clave:** Valoración Contingente, Pago por servicios ambientales, Montaña El Socó, Patzcía, agua de uso doméstico.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

**Willingness to pay of the household water users from El Socó mountain through the contingent valuation method, at the Patzicía township, Chimaltenango, Guatemala.**

**Abstract**

The deforestation in the El Socó Mountain could decrease the net flow of water because it is a water recharge area. Most of the springs of the mountain supply for the needs of the Patzicía population. Unfortunately there has been little acknowledgement from the population and authorities of the need of investment on the conservation of the ecosystems that supply the water. Due to it is important to know the willingness to pay of the household water users for the environmental service of water recharge this study was conducted. The Contingent Valuation Method was used to know this. A poll with a simple random sampling was conducted. 166 people were interviewed with a structured survey from containing both quantitative and qualitative variables. The survey considered the Patzicía town, the Paut village and the Santa María Cerro Alto hamlet of the Patzicía township.

The research found that 66% of the urban population and 50% of the rural population want to contribute to the conservation of the forest: with an annual wage and money and only with an annual wage, respectively. The municipality and the water committees were considered more reliable for the administration of the money (40.91% of response for each one). Most of the population willing to pay with money (56.36%) suggested to do it directly to the management institution; 21.82% of them wanted it to be charged to their water bill while the rest didn't answer.

**Key words:** Contingent Valuation, environmental services payment, El Socó Mountain, Patzicía, domestic water.

## Introducción

Los bosques son un elemento crítico para la regulación del ciclo hidrológico, lo cual incluye, mantener la productividad del suelo, garantiza la calidad y cantidad de agua, la sostenibilidad del caudal a lo largo del año y la reducción de la ocurrencia de desastres naturales.

La deforestación en Montaña El Socó, podría disminuir el flujo neto de agua, ya que es zona de recarga hídrica, y la mayoría de nacimientos y manantiales, suplen las necesidades de la población de Patzicía, con cantidades constantes de agua. Por ello es importante el uso apropiado y sostenible de los recursos naturales (agua, suelo y bosque) de la montaña, para poder garantizar así la provisión permanente de los bienes y servicios ambientales.

La montaña ha perdido más de la mitad de su cobertura boscosa, además de esto ha existido muy poco reconocimiento de la población y autoridades de la necesidad de invertir en la conservación de los ecosistemas que proveen este vital servicio.

Los mercados de servicios ambientales son una de las propuestas actuales que abordan el manejo integral de cuenca, por medio de la “compensación” que pagan los usuarios de agua en las partes bajas, para mantener los bienes y servicios ambientales provistos por el uso adecuado del suelo, en las partes altas de las cuencas hidrográficas.

La compensación, dependen básicamente de la voluntad de pagar por parte de los usuarios de las partes bajas y al mismo tiempo la disposición de aceptar una compensación por cambiar sus patrones de uso del suelo, en las partes altas de la cuenca.

En esta investigación se evaluó el valor económico del agua, como un servicio ambiental que presta el bosque de la montaña El Socó. Para esto se evaluaron a los usuarios de agua en las partes bajas siendo estos, los hoga-

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango

res del casco urbano, la aldea Paut y el caserío de Santa María Cerro Alto del municipio de Patzcía, que son los beneficiados directos de las fuentes de agua dentro de montaña, su voluntad de pago para contribuir con la conservación del bosque del astillero municipal y para el mejoramiento del servicio de suministro de agua entubada.

Se identificaron las características mas relevantes de las personas relacionadas con la voluntad de pago, y estas fueron: a.) características socioeconómicas de la población, b.) el estado del servicio de agua para uso domiciliario, c.) el conocimiento de la problemática ambiental relativa al uso del agua.

Para determinar la Voluntad de pago (VP), se utilizó el Método de Valoración Contingente, donde se obtuvo como resultado: a.) el 52% de los usuarios del servicio de agua está de acuerdo en contribuir con un pago adicional para mejorar la calidad del suministro en cuanto a su pureza y para tener períodos mas largos; b.) En el área urbana el 66% tiene la voluntad de pago en el sentido de crear un fondo para invertir en la conservación del bosque en el astillero municipal colaborando con jornales y dinero, c.) en el área rural el 50% indicó que colaborarían solamente con jornales. En cuanto a la contribución de dinero, indicaron que preferirán hacerlo directamente con la institución que quede a cargo de los fondos. Para la administración del dinero, propusieron tanto a la municipalidad como a los comités de agua. Y en el caso de la población que no está dispuesta a contribuir, consideraron que: en primer lugar la municipalidad es la principal encargada de conservar el bosque y en segundo lugar manifestaron que aunque ellos quisieran hacer algo por la conservación, su situación económica no se lo permite.

Este estudio se realizó durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), correspondiente al período del mes de abril del año 2,005 al mes de mayo del 2,006, con el apoyo de del Programa Piloto de Apoyos Forestales Directos PPAFD / PARPA / MAGA, Región Altiplano Central RAC, en el municipio de Patzcía.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Conocer la voluntad de pago que tienen los usuarios del agua, sobre el servicio ambiental de la recarga hídrica que presta el Bosque El Socó, del Astillero Municipal de Patzicía, en el casco urbano, aldea Paut y caserío Santa María Cerro Alto del municipio de Patzicía, Chimaltenango.

### **Objetivos específicos**

Conocer los factores socioeconómicos de los hogares del área de estudio.

Conocer la calidad del servicio de agua que reciben los hogares para uso domiciliario del área en estudio.

Evaluar el conocimiento de la problemática ambiental relativa al uso del recurso agua por parte de los miembros de los hogares del área en estudio.

Determinar la voluntad de pago de los usuarios del servicio de agua del área de estudio para mejorar la calidad del servicio de agua domiciliario.

Conocer la voluntad de pago de los hogares del área de estudio para la conservación del bosque del astillero municipal y la forma en que desean hacer la contribución.

## **Metodología**

### **Universo de trabajo**

El estudio está restringido a los hogares del casco urbano, la aldea de Paut y el caserío de Santa María Cerro Alto del municipio de Patzicía.

### **Elaboración de la boleta**

Se elaboró una boleta, para la obtención de información necesaria para este estudio.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

Esta boleta contempla una serie de variables, tanto cualitativas como cuantitativas.

**La boleta contiene preguntas, en base a:**

- A. La información personal del entrevistado(a),
- B. Estado actual del servicio de agua domiciliar (considerando importante, obtener la versión de la población y no únicamente la versión de quienes prestan el servicio),
- C. Evaluación del conocimiento y percepción con relación a la problemática ambiental y uso del recurso agua,
- D. Estimación de la voluntad de pago, por mantener cierto nivel de servicio y por la conservación del bosque en el astillero municipal.

**Validación de la boleta**

Con el fin de evaluar y validar la boleta, se encuestaron a diez pobladores del municipio de Patzicía.

**Arreglos de la boleta**

Con base en los errores que se encontraron en la boleta, se reestructuraron las preguntas. Los arreglos de la boleta se basaron en:

- A. La coherencia en el orden de las preguntas,
- B. la redacción de las preguntas (que fueran comprensibles para los encuestados).

**Entrevistas**

Las entrevistas se pasaron en forma cerrada, en los hogares del área de estudio.

Las entrevistas se realizaron dándole al entrevistado(a) la mayor confianza posible, para que éste proporcionara una información amplia y fidedigna. Con el fin de obtener información lo más acorde a la realidad.

Los factores que se tomaron en cuenta, a la hora de encuestar, fueron (16):

- A. Neutralidad: La definición del escenario fue “neutral”, en el sentido de

que no se influyera sobre la persona entrevistada para que ésta diera un valor más alto o más bajo, del que en realidad pensaba.

- B. Forma de descripción: Se describió el escenario mediante la inclusión de material gráfico (Ver fotografías 1 A – 6A).
- C. Credibilidad: se trató de familiarizar al encuestado con el bien que se pretendía valorar.
- D. El tipo de formato para hacer las preguntas de valoración, fue interactiva: se le preguntó a la persona entrevistada, si estaría dispuesta a pagar una cantidad de dinero determinada, en el caso de que la respuesta fuera positiva, se aumentaba dicha cantidad y se repetía el procedimiento hasta que por último, la persona aceptaba un valor de voluntad de pago final; en el caso que la respuesta fuera negativa, se le preguntaba sus razones.

### **Tamaño de muestra**

Para esta investigación se realizó un muestreo simple aleatorio. Y se seleccionó en la boleta, una variable dicotómica, para establecer el tamaño de muestra.

### **Fase I. Pre- muestreo**

Para calcular el tamaño de muestra, se utilizó análisis de una proporción (Cochran, 1987 (4). La variable dicotómica seleccionada, fue: “la voluntad de pago para la conservación del bosque en el astillero municipal El Socó, del municipio de Patzicía, donde las dos únicas probabilidades de respuesta fueron: “sí” o “no”. El tamaño de la premuestra fue de 30 UMP.

### **Fase II. Muestreo**

Se tabuló la muestra piloto y se calculó los estadígrafos de la muestra piloto (mp):

- A. El tamaño definitivo estimado para la muestra es de 134 hogares, pero debido a que se contaban con recursos disponibles se aumentó a 166 hogares encuestados.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango

### **Ámbito de análisis de resultados**

Para lograr un mejor entendimiento se presentan en cinco partes los resultados, que a continuación se describen:

#### **Características socioeconómicas de los hogares del área de estudio**

Para la evaluación de las condiciones socioeconómicas, se identificaron los aspectos como: el género, el nivel educativo, las edades, la ocupación y la procedencia. Que posteriormente sirvieron para el análisis de las características de los entrevistados en cuanto a la voluntad de pago.

#### **Calidad del servicio de agua que reciben los hogares para uso domiciliario, del área de estudio. En cuanto a las condiciones del servicio de agua, fueron identificados los siguientes aspectos:**

- A. tipos de fuente de abastecimiento de agua,
- B. proveedores del servicio,
- C. disponibilidad del agua en cuanto a épocas del año,
- D. días a la semana, y
- E. horas.

Se evaluó la percepción que tiene la población con relación a la calidad de agua (en cuanto a su pureza), con las siguientes calificaciones, de: excelente, muy buena, buena, regular, mala, muy mala y pésima.

#### **Percepción en cuanto a la problemática ambiental, relativa al uso del recurso agua. Se identificó la percepción que tiene la población, en cuanto a:**

- A. si ha disminuido el agua,
- B. hace cuantos años se empezó a percibir la disminución de la misma,
- C. a qué se le atribuye la disminución.

También se evaluó cuales son las principales fuentes de contaminación y quienes son identificados como los principales responsables de la contaminación de la misma.

Voluntad de pagar un monto adicional, para mejorar el servicio de agua, por parte de los usuarios. Primero se conoció la cuota actual de pago mensual, por el servicio de agua y de acuerdo al tipo de proveedor; posteriormente se evaluó, la voluntad de pagar un monto adicional a la cuota actual, la cual se utilizaría para el mejoramiento de la calidad del servicio (en cuanto a pureza y mayor tiempo de suministro). El monto adicional que la población planteo estar dispuesta a dar, fue evaluado de acuerdo a la ubicación del entrevistado y al tipo de proveedor del servicio.

Voluntad de pago para la conservación del bosque en el astillero municipal y la forma en la que se desea hacer la contribución. De acuerdo a la situación hipotética que fue planteada en la entrevista, sobre la situación actual y el deterioro de los recursos naturales; se logró conocer la voluntad de pago de los pobladores para la conservación del bosque en el astillero municipal. Y se determinó:

- A. La forma en la que desean hacer la contribución, sea en dinero o en jornales.
- B. La población dispuesta a colaborar, identificó la institución que consideraban más apropiada para que los fondos y el trabajo recaudados sean bien administrados.
- C. Identificaron el vehículo de pago, mediante el cual preferían realizar los aportes económicos, éstos fueron: cargándola a su recibo de agua o haciéndola directamente a la institución.
- D. Se identificaron cuales son los principales factores que influyen para que la población, no esté de acuerdo en colaborar para la conservación del bosque en el astillero municipal.

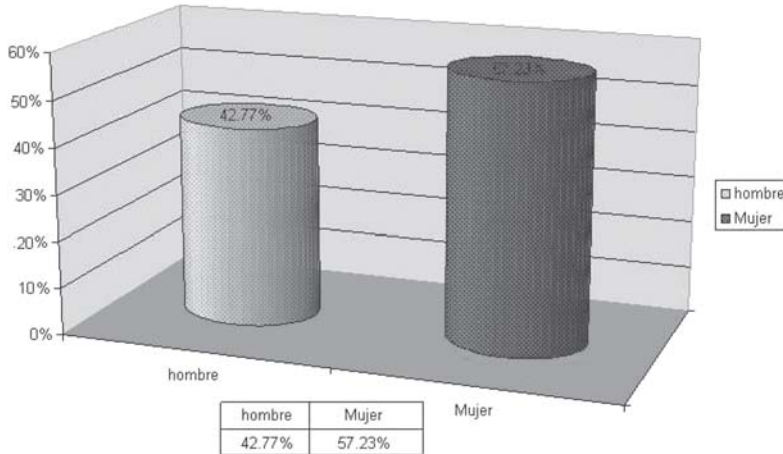
Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango

## **Resultados**

### **Aspectos socioeconómicos**

#### **Distribución por género**

Se tomó la variable del género como comparadora con las demás variables, para conocer los roles y el papel que juegan tanto los hombres como las mujeres en el ámbito social y económico. De la población fueron encuestadas 166 personas, de las cuales 57.23% fueron mujeres y 42.77% fueron hombres (ver figura 1). Se consideró importante evaluar el rol que tienen las mujeres en el marco social y económico, tomando en cuenta que las interacciones entre las mujeres y el ambiente son múltiples. El papel de la mujer en el manejo del agua es ampliamente reconocido, principalmente cuando se relaciona con las tareas domésticas: en la preparación de alimentos, en la higiene familiar, éstas constituyen actividades consideradas tradicionalmente femeninas y realizadas casi en exclusiva por la mujer en muchas sociedades rurales. Como deducción de ello, las mujeres son las administradoras invisibles del agua, saben dónde encontrarla, juzgan su calidad y enfrentan su escasez. Por lo que su voluntad a pagar reflejará de una manera más adecuada la disposición real de pago. Sin embargo, aunque se reconozca la participación de las mujeres como usuarias domésticas del agua, no siempre se valoran sus conocimientos y no se toman en cuenta para la toma de decisiones. Esto comprobándose en el momento de la encuesta, donde se encontraron algunos casos que las mujeres manifestaron no tener el poder de decidir sobre las propuestas planteadas, indicando que los hombres son los únicos que toman las decisiones.



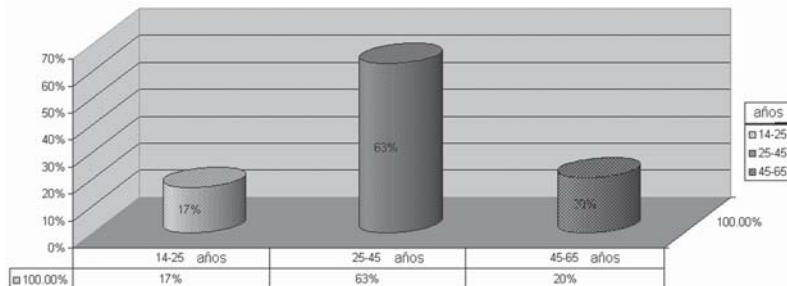
**Figura 1.** Distribución por género de los entrevistados.

### Edad

Las entrevistas se realizaron personalmente en sus hogares.

Las edades de los entrevistados comprendían entre los 14 a 65 años.

El 17% fueron de 14 a 25 años, el 63% fueron de 25 a 45 años y solamente el 20% fueron de 45 a 65 años (ver figura 2).



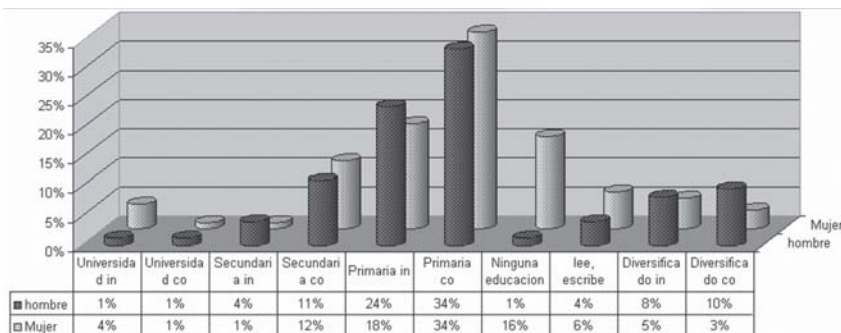
**Figura 2.** Distribución por edades de los entrevistados en el área de estudio.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

### Educación

De la población total el 84.79% tienen algún grado de educación formal y el restante 15.19% carecen de este tipo de educación. La población con algún nivel educativo, están distribuidos de la siguiente manera (ver figura 3):

- A. El 54% cuenta con educación primaria, de estos el 34% completó sus estudios y el restante 20% no lo concluyó.
- B. El 13% cuenta con educación secundaria, de estos el 11% completo sus estudios y el 2% no lo concluyó.
- C. El 13% de la población cuenta con nivel diversificado, de estos el 6% completó estudios, mientras el 7% no lo concluyó.
- D. Solo el 4% de la población tienen un nivel académico universitario, de éstos el 1% concluyó estudios, mientras el 3% no lo completó o no lo ha completado aun.



**Figura 3.** Nivel académico por género del entrevistado.

Las mujeres cuentan con menor acceso a la educación que los hombres, lo que evidencia en 17% más mujeres sin educación formal. La población que se consideró sin acceso a una educación formal fueron: Los que en la encuesta respondieron no saber leer y escribir y los que si saben leer y escribir pero sin tener acceso a un establecimiento educativo (ver cuadro 2).

**Cuadro 2.** Nivel educativo de acuerdo al género en el área de estudio.

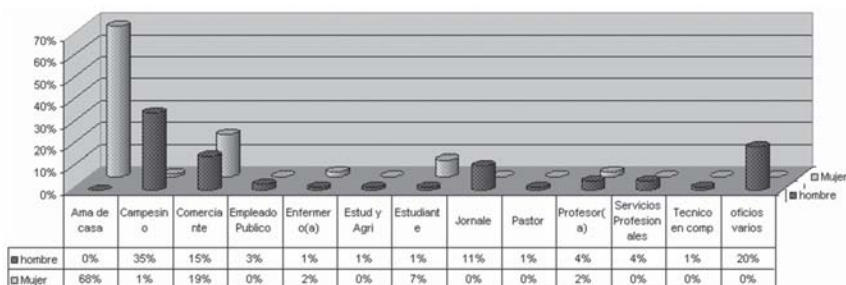
Nivel Educativo	Hombre	Mujer	Total general
No saben leer ni escribir	1%	16%	10%
Lee y escribe, sin acceso a un establecimiento educativo	4%	6%	5%
Primaria incompleta	24%	18%	20%
Primaria completa	34%	34%	34%
Secundaria incompleta	4%	1%	2%
Secundaria completa	11%	12%	11%
Diversificado incompleta	8%	5%	7%
Diversificado completa	10%	3%	6%
Universidad incompleta	1%	4%	3%
Universidad completa	1%	1%	1%
Total general	100%	100%	100%

### Ocupación

Las actividades en las que se desenvuelven la población son diferentes tanto para los hombres como para las mujeres. En el caso de las mujeres son más limitadas las actividades a la que se dedican, en su mayoría son

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

amas de casa, comerciantes y estudiantes, con menor participación se dedican a actividades agrícolas, enfermeras y profesoras. A diferencia de las actividades a las que se dedican los hombres en su mayoría son agricultores, comerciantes y jornaleros, con menor participación se dedican a sastres, profesores, servicios profesionales, bomberos y distintas actividades más (ver figura 4).



**Figura 4.** Ocupación por género.

### **Agricultura**

De toda la población el 40% se dedica a la agricultura. En estas actividades también está representada la mujer, con una participación del 36% y en el caso de los hombres el 64%. De los cultivos que se producen el 80% son hortalizas y un 20% granos básicos.

### **Procedencia**

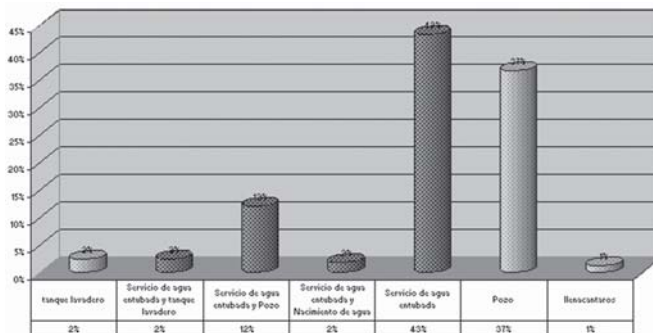
La población está representada en un 80% procedente de Patzicía, el 4% es procedente de Acatenango, también existe población de la ciudad capital de Guatemala e incluso de El Salvador.

### **Servicio de agua**

#### **Tipos de fuentes de abastecimiento de agua para uso domiciliario**

El agua que abastece a la población, no califica como agua potable, por lo

tanto se hablará en este estudio de agua entubada. Solo el 60% de la población posee servicio de agua entubada y generalmente lo combinan con otras fuentes de agua (ver figura 5). El restante 40% no cuenta con servicio de agua entubada, teniendo que abastecerse de otras fuentes, como son los pozos, tanques lavaderos y llena cántaros. De éstos un 37% solo utiliza pozos, el agua que es obtenida de éstos es considerada de mejor calidad. Sirven como única fuente de agua para el área rural, en las épocas de estiaje, por lo que la perforación de estos va en aumento. El nivel freático se logra encontrar a profundidades que van de 10 metros hasta 30 metros.

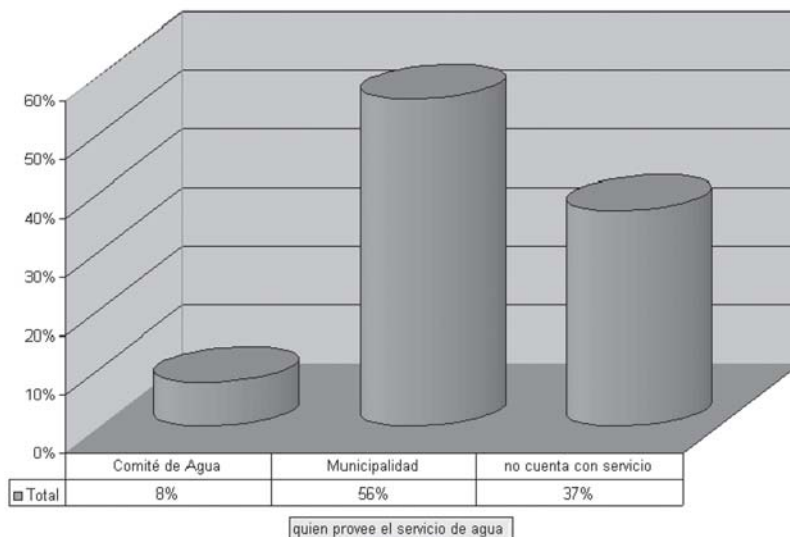


**Figura 5.** Tipos de fuentes de abastecimiento de agua para uso domiciliario.

### Proveedores del servicio de agua

En el área rural la administración y manejo del recurso está a cargo los comités de agua y éstos abastecen al 88% de la población. Para el área urbana, la municipalidad se encarga de la administración y el manejo del agua entubada, tanques lavaderos y llena cántaros; que abastece al 56% de la población. Los comités de agua proveen al 8% de la población con servicio de agua entubada. El 37% restante no utiliza ningún tipo de servicio de agua (ver figura 6).

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango



**Figura 6.** Proveedores de servicio de agua para el área urbana.

### Disponibilidad de agua

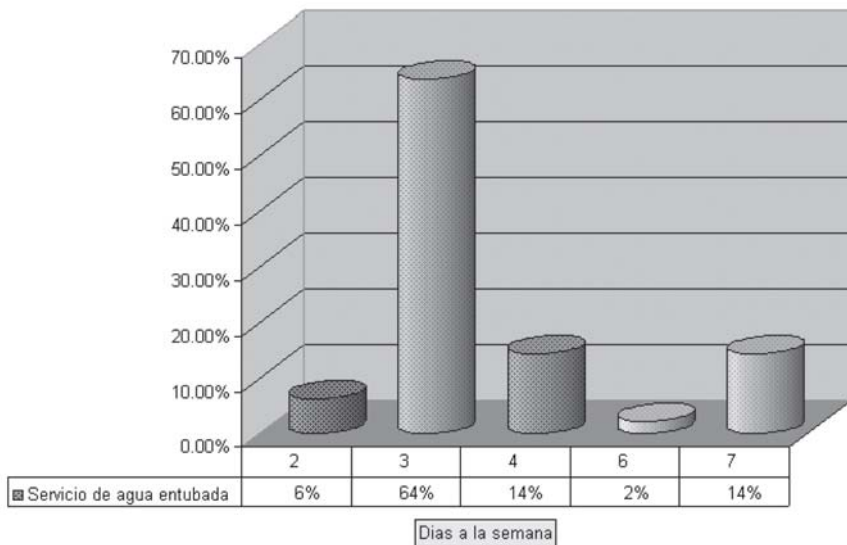
Se discutirá a continuación la disponibilidad del servicio de agua en los hogares, de acuerdo al acceso en los diferentes meses del año, los días a la semana y las horas.

#### A. Meses del año

El 68% de la población indicó que es uniforme la cantidad de agua que reciben en sus hogares a lo largo de todo el año, el restante 32% indicaron que disminuye el caudal durante todo el año, principalmente en los meses de enero al mes de abril.

#### B. Días a la semana

El servicio de agua entubada no está disponible todos los días de la semana. Para el 64% de la población el agua está disponible tres días, mientras que solamente el 14% tienen disponibilidad de toda la semana (ver figura 7).



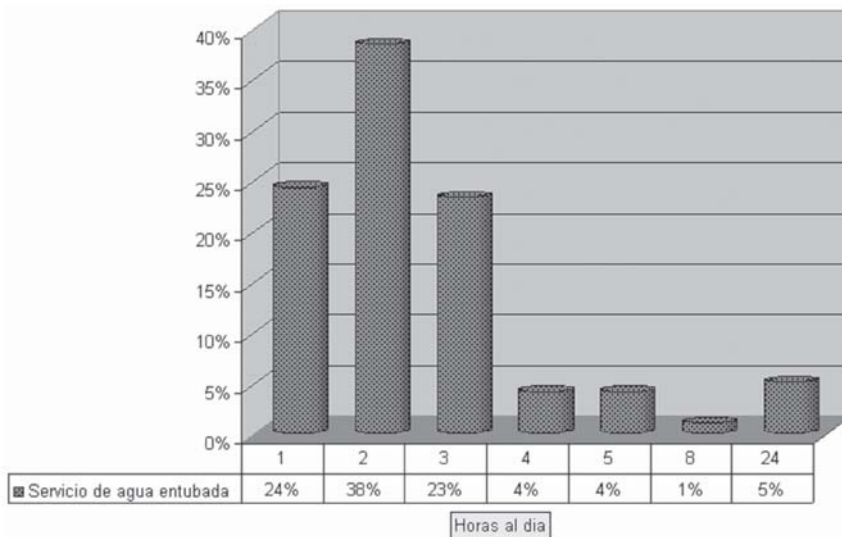
**Figura 7.** Días de la semana con agua comparada con el tipo de fuente de abastecimiento.

Para la población que cuenta con pozos o se abastecen de tanques lavaderos y llena cántaros, tienen acceso al agua todos los días de la semana.

### C. Horas al día

La población con servicio de agua entubada, indicaron en su mayoría tener de una a tres horas diarias, esto corresponde al 87% de los hogares; 9% de usuarios reciben de cuatro a ocho horas diarias; mientras que solo el 5% reciben las 24 horas del día (ver figura 8).

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango



**Figura 8.** Horas al día con servicio de agua entubada.

Para la población que cuenta con pozos o se abastecen de tanques lavaderos, tienen acceso al agua las 24 horas del día.

### **Percepción de la población con relación al servicio de agua Abastecimiento de agua**

Se le preguntó a la población si el servicio de agua entubada suplía sus necesidades, tomando en cuenta que es para uso doméstico; el 57% respondió positivamente ya que sí lograban suplir sus necesidades; mientras el 43% de los usuarios, contestó no estar satisfecho ya que no suplía sus necesidades. El mayor número de respuestas positivas, se debió a que el servicio de agua entubada está combinada con otras fuentes de abastecimiento, que ayudan a cubrir sus necesidades. Sin embargo al observar el

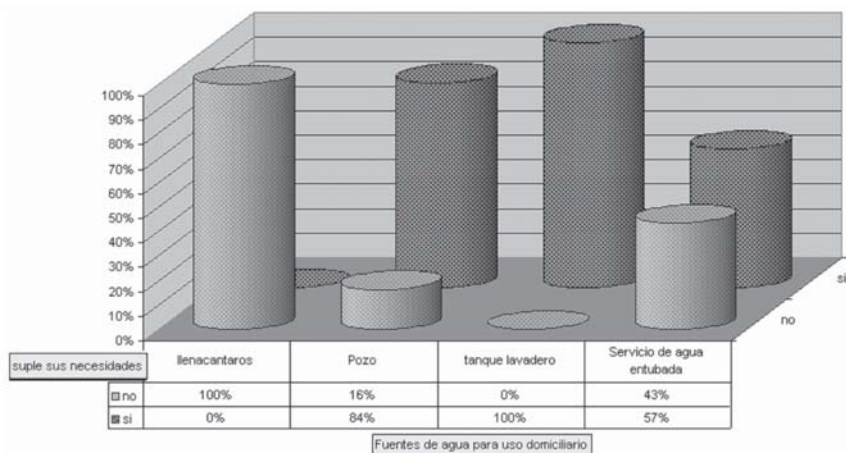
resultado de la población que utiliza solamente el servicio de agua entubada, un mayor número de usuarios respondió no estar satisfecho, debido a que no lograba suplir sus necesidades (ver cuadro 18).

**Cuadro 3.** Comparación de respuestas de los entrevistados que cuentan con servicio de agua con relación a “si suple” o “no suple” sus necesidades.

Fuentes de agua para uso domiciliario	no	si	Total
Servicio de agua entubada	40%	32%	73%
Servicio de agua entubada y Nacimiento de agua	1%	2%	3%
Servicio de agua entubada y Pozo	2%	18%	20%
Servicio de agua entubada y tanque lavadero	0%	4%	4%
Total general	43%	57%	100%

El restante 40% del total de la muestra, corresponde a los hogares que cuentan con otras fuentes de abastecimiento, como son los pozos, tanques públicos y llena cántaros. Los hogares que se abastecen solo de los pozos son el 37% del total de la muestra y estos indicaron con un 84% que sí les alcanza el agua que reciben, para suplir todas sus necesidades, mientras el 16% indicó que no. El restante 3% del total de la muestra corresponde a los servicios públicos como son los tanques lavaderos y llena cántaros, ellos indicaron que si suplen todas sus necesidades; los que se abastecen de llena cántaros manifestaron que no les alcanza para suplir todas sus necesidades (ver figura 9).

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango



**Figura 9.** Respuestas de los entrevistados con relación a “sí suple” o “no suple” sus necesidades de abastecimiento de agua comparado con el tipo de servicio.

### Percepción por género para el mejoramiento del suministro del agua

Es importante tomar en cuenta la percepción de la población con relación a cómo mejorar el suministro de agua, por tal motivo se evaluó tomando por separado las respuestas de los hombres y las mujeres. Y los resultados fueron los siguientes:

En el caso de las mujeres, las respuestas que más se repitieron, fueron: captar más fuentes de agua en un 20%, tener más horas al día el servicio de agua un 18%, tener agua diariamente un 16%, tener más caudal y distribución a todos los hogares un 6% y en un menor porcentaje están: elaborar mas pozos, lavar los depósitos de agua, mejorar la red de distribución, que se implementen nuevos proyectos y que la municipalidad se preocupe por ello. En el caso de los hombres, las respuestas en su mayoría fueron: proteger los nacimientos un 22%, elaborar más pozos con el 17%, captar

más nacimientos de agua el 15%, tener agua diariamente el 12% y no autorizar más servicios de agua con un 10%.

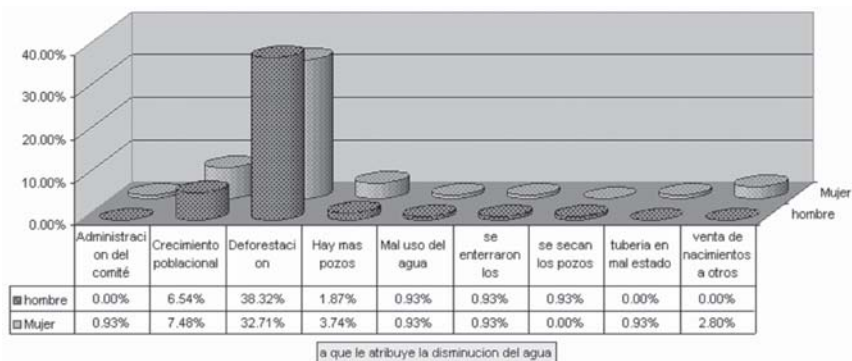
Se puede observar en relación con estos resultados que las mujeres, son las que administran el recurso en sus hogares, ellas buscan no carecer del vital líquido y tratan de que el agua que se consuma sea de calidad, a diferencia de los hombres que resalta la preocupación por proveer el recurso; tanto los hombres como las mujeres propusieron la elaboración de pozos como medida para no carecer del suministro de agua.

### **Conocimiento de la problemática ambiental relativa al uso del recurso agua**

#### **Percepción en cuanto a la disminución del agua**

La percepción que tiene la población en relación al medio ambiente y sus recursos naturales, se apreció con los siguientes resultados: Las fuentes que identifica la población, como lugares de donde proviene el agua utilizada en sus hogares, son: los nacimientos de agua con un 55%, de la montaña el 13%, pozos el 9%, ríos 2% y del mar un 2%, en este último se referían a el agua del manto freático. El 64.46% de las población considera que ha disminuido el agua; desde hace cinco a diez años atrás y lo atribuyen a: la deforestación con un 71%, al crecimiento poblacional con un 14%, a la elaboración de pozos con un 6%, con menor cantidad lo atribuyen a: la venta de los nacimientos por parte de la municipalidad, al mal uso del agua, nacimientos enterrados, sistema de distribución de agua en mal estado, que los pozos se han secado y a la mala administración de los sistemas de agua (ver figura 10). Estos resultados indican que la población, reconoce que los bosques influyen en su disponibilidad del recurso agua (solamente en el caso de los nacimientos, ya que la mayoría identificó como la principal fuente que los suministra) y su deterioro como un problema que les afecta. Sin embargo no todos tomaron en cuenta la protección de los bosques como principal medida para garantizar el suministro de agua en los hogares.

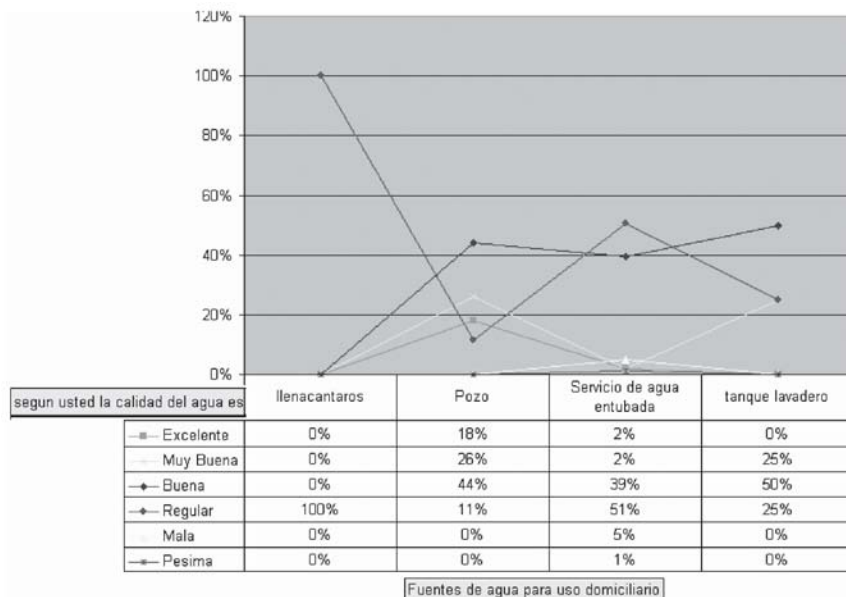
Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango



**Figura 10.** Percepción de la población en cuanto a la disminución del agua, por género.

### Calificación de la calidad del agua en cuanto a su pureza

Siendo el agua para consumo humano, es importante que la población opine sobre la calidad del vital líquido que reciben. Como resultado se obtuvo lo siguiente (ver figura 11): La mayor parte de la población que cuenta con servicio de agua entubada, calificó de regular la calidad con un 51% y calificaron de buena un 39%. Esto refleja que los consumidores, opinan en su mayoría que el agua no llena todos los requisitos para su consumo. Las personas que consumen aguas de los pozos, calificó la calidad del agua de buena a excelente con un 89% y solo el 11% la calificó de regular. De acuerdo a lo expuesto vemos que la calidad de agua de los pozos es considerada más apta para su consumo. En el caso de los tanques públicos, obtuvo una calificación del 50% de buena calidad, el restante 25% la calificó de muy buena calidad y el otro 25% de regular. Reflejando con esto, que los usuarios perciben el agua, más idónea para su consumo. Y por último, la población que hace uso de los llena cántaro, la calificó de regular con un 100%.



**Figura 11.** Calificación a la calidad del agua en cuanto a su pureza, por tipo de fuente de abastecimiento.

### Percepción en cuanto a la contaminación del agua de uso domiciliario

De la población total un 46% considera que el agua está contaminada calificándola:

a.) de muy poco, b.) de poco y c.) de mucho, atribuyendo la contaminación a: la basura con un 69% de respuestas, seguido por agroquímicos, erosión del suelo, aguas servidas, falta de higiene en los tanques, la falta de protección de los nacimientos e incluso por animales muertos que son tirados en los tanque de almacenamiento. Identifican como los principales responsables, a la población, a la municipalidad y a los agricultores.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

### **Voluntad de pago para mejorar la calidad del servicio de agua Cuota mensual por el servicio de agua domiciliar**

De acuerdo al proveedor del servicio de agua existen diferentes cuotas mensuales de pago: La municipalidad tiene una cuota fija de cinco quetzales (Q5.00) mensuales y le presta el servicio al 55% de la población en el área urbana. El comité de agua en el área urbana, que abastece una parte de las zonas uno y dos, representa al 6% del total de la población y cobra por el servicio de agua quince quetzales (Q15.00) mensuales. Existe un comité de vecinos, que provee de agua a una parte de las zonas tres y cuatro, representan al 1% de la población y no cuentan con una cuota mensual, los cobros son de acuerdo a los gastos por mano de obra y mantenimiento.

Las personas que reciben el servicio de agua en el área rural, están representadas por: la aldea Paut y Santa María Cerro Alto, los únicos proveedores son los comités de agua, quienes la gestionan ante la municipalidad de Patzicía, éstos proveen al 88% de la población y no cuentan con ninguna cuota de pago mensual. De los servicios anteriormente mencionados en el área urbana y área rural no cuentan con contadores de agua que regulen el suministro.

### **Voluntad de pago para mejorar la calidad de agua de los hogares que reciben el servicio**

La situación contingente sobre el mejoramiento del servicio de agua, se expuso únicamente a la población que contaba con dicho servicio, que corresponden al 60% de la población, estos respondieron de la siguiente manera: El 51.81% de los hogares manifestó estar dispuesto a colaborar con una cantidad adicional a lo que paga actualmente, para el mejoramiento de la calidad, para recibirla más pura y durante periodos más

prolongados. El monto adicional que la población está dispuesta a contribuir, con relación a su proveedor se describe a continuación en el cuadro 4. Donde se puede observar que sólo el área urbana tiene una voluntad de pago, ya que en el área rural no está establecida una cuota mensual.

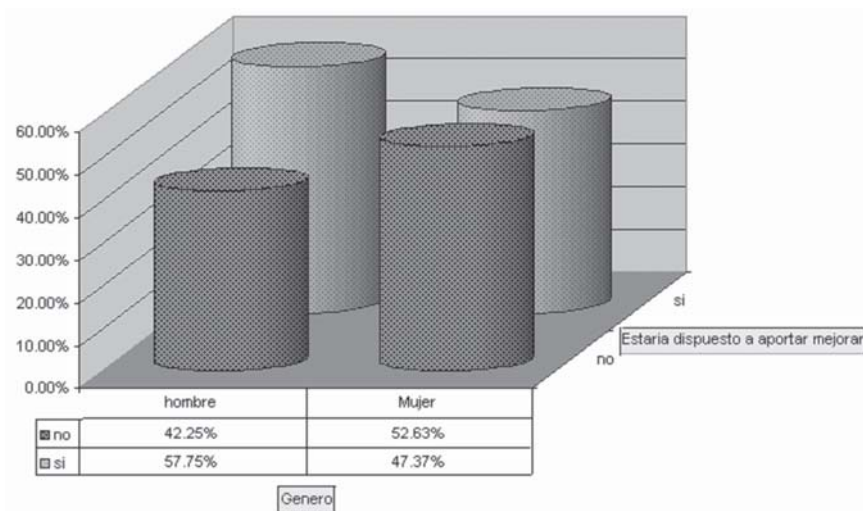
**Cuadro 4.** Cuota adicional para el mejoramiento en cuanto a la calidad del servicio de agua por ubicación del entrevistado.

Proveedor del servicio	Aproximado de Cuota adicional por Mejoramiento calidad de agua	Porcentaje de respuestas positivas	Beneficiados del servicio
<b>Área Urbana</b> Comité de agua zona 1 y 2 y comité de vecinos 3 y 4	Q4.00	90%	8%
Municipalidad	Q4.00	65%	56%
<b>Área Rural</b> Comité de agua area rural	Q0.00	100%	88%

### Descripción de la población que no está dispuesta a colaborar, por género

Los resultados indicaron que el 48.19% de la población no tiene una voluntad de pago por el mejoramiento del servicio de agua domiciliaria. Un 10% más de mujeres que hombres, manifestaron no estar dispuestas a colaborar con dicho mejoramiento (ver Figura 12).

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango



**Figura 12.** Voluntad de pago para aportar una cantidad adicional sobre la cuota actual para el mejoramiento del servicio de agua domiciliar, comparado con el género del entrevistado.

### **Voluntad de pago para la conservación del bosque del astillero municipal El Socó**

Las entrevistas se hicieron personalmente. Se inició brindando información sobre la situación actual del bosque del astillero municipal y las consecuencias de perder los bienes y servicios ambientales en el caso de no protegerlos. La información resaltó la dinámica del agua en el ciclo hidrológico y la importancia de conservar la montaña como zona de recarga hídrica. En algunos casos la personas desconocían que el astillero El Socó es propiedad de la municipalidad y en otros casos desconocían el nombre de la montaña El Socó. En esta etapa de la encuesta la población participo proponiendo su punto de vista. Con relación a la situación contingente respondieron, el 66.27% estar dispuestos a colaborar para la conservaron

del bosque del astillero municipal El Socó, para asegurar así que las siguientes generaciones tengan agua de buena calidad y en cantidades suficientes en el futuro (Ver cuadro 5).

**Cuadro 5.** Resumen de porcentajes de entrevistados con voluntad de pago para la conservación del bosque del astillero municipal El Socó, de acuerdo a la ubicación del entrevistado (cuadro 5a: no; cuadro 5b: sí).

**Cuadro 5a)**  
No voluntad  
de pago.

Ubicación	% total de boletas	% Respecto a grupos Especificos
Pauit	1.81	5
SMCA	1.20	4
Zona 1	5.42	16
Zona 2	9.64	29
Zona 3	6.63	20
Zona 4	9.04	27
TOTAL	33.73	100

**Cuadro 5b)**  
Sí voluntad  
de pago.

Ubicación	% total de boletas	% Respecto a grupos Especificos
Pauit	1.20	2
SMCA	0.60	1
Zona 1	27.11	41
Zona 2	8.43	13
Zona 3	16.27	25
Zona 4	12.65	19
TOTAL	66.27	100

La voluntad de pago para la conservación del astillero municipal se asumió de dos formas: a) por medio de una cantidad monetaria b) en actividades de conservación (jornales anuales). Los resultados obtenidos se describen en el cuadro 6 de acuerdo al tipo de proveedor de servicios de agua con que cuenta. Observándose una mayor voluntad de pago en el área urbana, no así en el área rural donde ofrecieron un jornal al año.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

**Cuadro 6.** Voluntad de pago para contribuir con la conservación de la recarga hídrica en la montaña El Socó por ubicación del entrevistado.

Proveedor del servicio	Mantenimiento del manto Freático	Jornales anuales	Porcentaje de respuestas positivas	Porcentaje de Beneficiados del servicio
Comité de agua zona 1 y 2	Q1.00	0	70	7
Comité de agua zona 3 y 4	Q5.00	0	100	1
Municipalidad	Q10.00	1	63.22	56
No cuentan con servicio (pozos)	Q5.00	1	72.41	36
Comité de agua rural	Q0.00	1	50	88

### Descripción del área rural

La población en el área rural representa el 4.81% de la muestra total, y se ubica principalmente en la aldea Pautit y el caserío Santa María Cerro Alto. Los entrevistados fueron 50% hombre y 50% mujeres, la mayoría de la población ha cursado algún grado de educación primaria sin completarlo, con un 62.50% de la población total, el 12.50% carece de contacto con el sistema educativo formal. Los hombres se dedican a actividades como agricultura y jornales, mientras la totalidad de las mujeres, a cuidados del hogar. El 87.50% cuenta con servicio de agua entubada que es gracias a la organización en grupos de comités de agua.

Del total de los entrevistados ninguno está dispuesto a contribuir con el mejoramiento del sistema de agua, solamente con la conservación del bosque del astillo municipal con un 50%, siendo el 37.50% del total de la población con un aporte correspondiente a un jornal al año y el 12.50% con dos jornales, esta contribución es ofrecida solo por las mujeres (ver cuadro 7).

**Cuadro 7.** Voluntad de pago en jornales en el área rural.

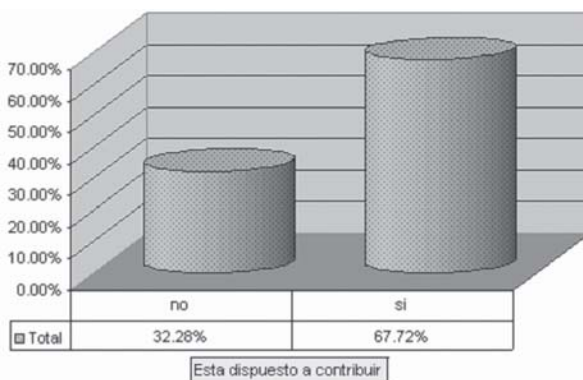
Ubicación	0	1	2	Total general
Pauit	25.00%	12.50%	0.00%	0.00% 37.50%
SMCA	0.00%	12.50%	0.00%	12.50%
Total hombre	25.00%	25.00%	0.00%	50.00%
Pauit	12.50%	12.50%	0.00%	25.00%
SMCA	12.50%	0.00%	12.50%	25.00%

**Descripción del área urbana**

El área urbana corresponde al 94.19% del total de la muestra. Se entrevistaron a 57.59% mujeres y 42.41% de hombres, la mayoría de la población a cursado algún grado de educación primaria o ha completado el nivel primario corresponde a un 53.16% de la muestra total, el 15.13% no tiene acceso a la educación formal. En el área urbana los hombres se dedican a una diversidad de ocupaciones entre las que más destacan son de comerciante, campesinos y jornaleros. La mayoría de mujeres se dedican a oficios domésticos, seguido de comerciantes y estudiantes en un 38.61%. El área urbana está conformada por cuatro zonas que son abastecidas de agua por diferentes proveedores, en la mayoría de los casos se abastecen de pozos.

La voluntad de pago para el área urbana es del 67.72% (ver gráfica 13).

**Figura 13.** Voluntad de pago en el área urbana para la conservación el bosque del astillero municipal.



Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango

### Administración del fondo y el trabajo

De acuerdo a la encuesta, se observó que las instituciones más transparentes en el manejo y administración de los fondos, que pudieran ser recaudados serían: la municipalidad con un 40.91%, los comités de agua con un 40.91% y en una menor cantidad propusieron que la administración sea hecha por el INAB y ONG's.

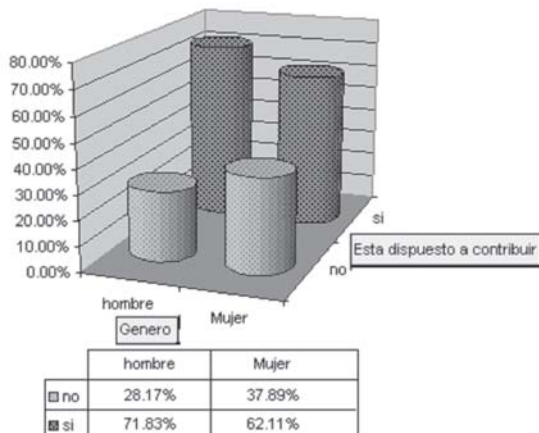
### Preferencia de la forma para hacer la contribución

La población con una voluntad de pago en forma monetaria sugirió hacerlo de la forma siguiente: el 56.36% prefirió hacer su contribución directamente a la institución a cargo de los fondos, el 21.82% quiso hacerlo cargándolo a su recibo del agua y el porcentaje restante no respondió.

### Descripción de la población que no está dispuesta a colaborar, por género

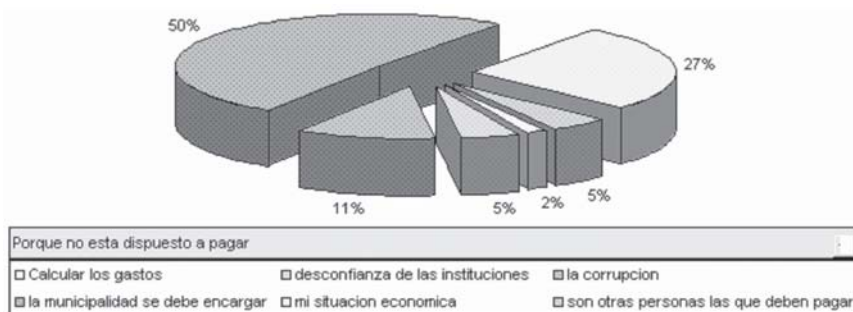
El 33.73% de los entrevistados indicó no estar dispuesto a colaborar con la conservación del bosque en el astillero municipal, con una diferencia de 10% las mujeres respondieron no estar dispuestas a colaborar más que los hombres (ver Figura 14).

**Figura 14.** Voluntad de pago para la conservación del bosque del astillero municipal, comparado con el Género.



### Principales razones por las que los entrevistados no están dispuestos a colaborar en el área urbana

La población que respondió no estar dispuesta a colaborar fue de 33.73%, argumentado las siguientes razones: El 50% dijo que a la municipalidad le correspondía la conservación del astillero municipal, el 27% dijo que la situación económica no les permite colaborar, el 11% dijo que debido a la corrupción no tenían esa disposición de colaborar, el 5% no colaborarían debido a la desconfianza que generan las instituciones y por último consideraban que las personas que causan daños al bosque son las que deberían pagar (ver figura 15).

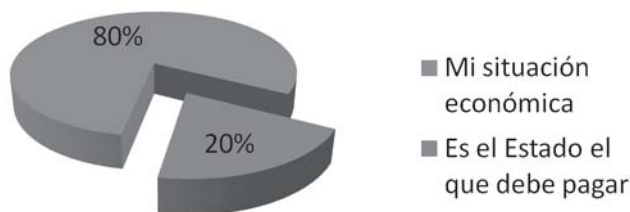


**Figura 15.** Razones por las que los entrevistados del área urbana, no están dispuestos a colaborar para crear un fondo para la conservar el bosque del astillero municipal.

### Principales razones por las que los entrevistados no están dispuestos a colaborar, en el área rural

La población que respondió no estar dispuestas a colaborar fueron el 50%, las razones fueron: La situación económica no se los permite un 80% y que el encargado de la conservar del bosque, es el estado, representado por la municipalidad, con un 20% (ver figura 16).

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzcía, Chimaltenango



**Figura 16.** Razones por las que los entrevistados del área rural, no están dispuestos a colaborar para un fondo de conservación del bosque del astillero municipal.

## Conclusiones

- A. Los habitantes del área de estudio no tienen un ingreso fijo mensual para cubrir costos adicionales para el pago de servicios ambientales relacionados con el agua, ya que se dedican a actividades agrícolas, comercio, jornales y amas de casa.
- B. Sólo el 60% de la población cuenta con servicio de agua domiciliar entubada, suministrado por la municipalidad y comités de agua. La mayoría indicó que a lo largo del año no perciben escasez, no obstante que el suministro se limita a tres días a la semana, de una a tres horas. Más de la mitad de los usuarios dice estar satisfecha con la disponibilidad de agua ya que se logra suplir sus necesidades. En cuanto a su pureza fue calificada de regular.
- C. Las personas identificaron los nacimientos de agua de la montaña y pozos como las principales fuentes de agua; mas de la mitad indicó que ha venido disminuyendo el caudal de cinco a diez años atrás, atribuyéndolo principalmente a la deforestación y al crecimiento poblacional.
- D. El 52% de quienes tienen servicio domiciliar de agua, manifestó tener una voluntad de pago para aportar una cuota adicional de cuatro quetzales (Q4.00), para el mejoramiento de la calidad, en cuanto a su pureza y recibirla por períodos más prolongados.
- E. La voluntad de pago para la conservación del bosque en el astillero municipal El Socó se diferencia el área urbana del área rural. Para el área urbana el 66% está de acuerdo con colaborar con jornales y dinero y el restante 33% no contribuirían atribuyendo su respuesta en primer lugar a que la municipalidad es la encargada de la conservación del bosque y en segundo lugar que la situación económica no se los permite. Para el área rural el 50% está de acuerdo en colaborar solamente con un jornal al año y el restante 50% que no

contribuiría debido a que su situación económica no se los permite y manifiestan que la municipalidad es la encargada de la conservación del bosque.

- F. La mujer es la que tiene mayor contacto en la administración de agua, en sus hogares, por sus actividades domesticas diarias, pero es el hombre el que toma las decisiones.

## Recomendaciones

- A. Tomar en cuenta la cuota adicional que la población está dispuesta a aportar para el mejoramiento del servicio de agua y realizar un estudio financiero para establecer una nueva tarifa donde se consideren los costos de mantenimiento, administración y tratamiento del agua (tratamiento de potabilizar y de aguas servidas).
- B. La potencialidad para crear un programa de compensación por servicios ambientales, para el bosque en el astillero municipal, es alto; sin embargo es importante promover por parte de las organizaciones y entidades del estado, estrategias para difundir información integrada sobre los recursos naturales renovables de la montaña El Socó, para lograr, que la sociedad aumente su valoración sobre la importancia de los bosques en la producción hídrica.
- C. Identificar y medir la disposición de aceptar una compensación, por parte de las personas que producen externalidades negativas en el astillero municipal El Socó, incorporando actividades para la conservación de los bosques, frenar la frontera agrícola y cambiar los patrones de uso del suelo, a través de incentivos financieros y capacitaciones para hacer un uso más sostenible del suelo, de acuerdo con su capacidad.

## Bibliografía

1. Argueta Carneño, LA. 2004. Propuesta de valoración económica del servicio ambiental de captación hídrica del bosque, micro cuenca del río El Riachuelo, Zacapa. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 78 p.
2. CATIE, CR. 2004. Curso valoración económica del recurso hídrico como herramienta para el control y la calidad del agua (2004, GT). Guatemala, CATIE. 150 p.
3. CATIE, CR. 2005. Curso internacional: base económica para el manejo y la valoración de bienes y servicios ambientales. Costa Rica. 1 CD.
4. Cochran, WG; Cox, GM. 1987. Diseño experimental. Trad. Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgrado de la Escuela de Agricultura Chapingo, MX. 10 ed. México, Trillas. 661 p.

Voluntad de pago de los usuarios del agua de uso doméstico, proveniente de la montaña El Socó, por el método de valoración contingente, en el municipio de Patzicía, Chimaltenango

5. Cruz, J. 2002. Valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la cuenca del río Calan, Siguatepeque, Honduras. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). 8 p. Consultado 1 oct 2005. Disponible: <http://www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/valoraeco.pdf>
6. Field, B. 1995. Economía ambiental: una introducción. Trad. por Cano, L. Colombia, McGraw-Hill. 587 p.
7. Lira, R. 2003. Diagnóstico general de la montaña "El Socó". EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 61 p.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT): PARPA (Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria, GT). PPAFD (Programa Piloto de Apoyo Forestal Directo, GT). 2003. Plan de manejo de astillero municipal de Patzicía. Guatemala. 40 p.
9. Martínez, A. 2000. Pagos por servicios ambientales en América Latina. Madrid, España, Universidad Rey Juan Carlos. Consultado 1 oct 2005. Disponible: <http://www.gruponahise.com/simposio/papers%20pdf/2%20Pablo%20Martinez%20de%20Anguita.pdf>
10. Martínez, M. 2000. Propuesta de algunos métodos de cuantificación física y estimación del valor económico de los bienes y servicios ambientales que presentan los bosques de las fincas Santa Victoria, Sololá y San Jerónimo Baja Verapaz. Guatemala, INAB / FLACSO. 96 p.
11. Martínez, M. 2002. Valoración económica del agua en la ciudad de Guatemala: una alternativa para su sostenibilidad. Guatemala, FLACSO / Editorial de Ciencias Sociales. 154 p.
12. Mendieta, JC. 1993. Manual de valoración económica de bienes no mercadeables; aplicación de las técnicas de valoración no mercadeables y el análisis costo beneficio y medio ambiente. Bogotá, Colombia, Universidad de los Andes, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. 167 p.
13. Riera, P. 1994. Manual de valoración contingente. España. Consultado 8 nov 2005. Disponible en: <http://volcano.uab.es/priera/papers/manualcvm2.pdf>
14. Rodas, OA; Revolorio, A. 1990. Conservación de los recursos naturales renovables y categorías de manejo. In Marco conceptual del manejo de cuencas hidrográficas (tomado del curso impartido por el Ing. Agr. MSc. Jorge Faustino. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 17 p.
15. Seminario hispano guatemalteco sobre derechos y legislación ambiental (2001, GT). 2001. Marco jurídico guatemalteco aplicado al agua. Guatemala, Fundación Solar. p. 33-47.
16. URL (Universidad Rafael Landívar, Instituto Recursos Naturales y Ambiente, GT). 2004. Perfil ambiental de Guatemala: informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática. Guatemala. 461 p.



**Evaluación de acolchado plástico en  
el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)  
en el caserío El Rodeo, El Progreso,  
Jutiapa, Guatemala, C. A.**

---

*David Omar González Diéguez\**  
*Iván Dimitri Santos Castillo\*\**



---

\* Estudiante tesista de la carrera Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola de FAUSAC.

\*\* Profesor titular de FAUSAC, asesor específico de la investigación.

## Resumen

Se evaluó el efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). Los tratamientos fueron suelo con y sin acolchado. En campo se utilizó un diseño experimental de parcelas apareadas con 12 repeticiones. Se midieron las variables rendimiento, calidad, peso y diámetro de bulbo, las cuales se analizaron por medio de comparaciones de medias apareadas a excepción del rendimiento, el cual se sometió a un análisis de covarianza simple, tomando como covariable el número de plantas. Lo anterior se debió a que la Tormenta Tropical Ágata dañó parcialmente el ensayo, dejando un número irregular de plantas en algunas parcelas experimentales. Las medias corregidas fueron comparadas con la prueba de Tukey. Adicionalmente, en cada una de repeticiones se midió la humedad y temperatura del suelo. Con el uso del acolchado se mantuvo una mayor retención de humedad y una oscilación más estable en el comportamiento de la temperatura (efecto amortiguador) en el suelo, generando un microclima que favoreció el crecimiento y desarrollo radicular de la cebolla, lo cual se reflejó en un incremento del 18.92% en el rendimiento total y 38.06% en la proporción de bulbos de primera calidad.

**Palabras clave:** Acolchado plástico, cebolla (*Allium cepa* L.), rendimiento, temperatura, humedad, suelo.

**MULCH PLASTIC PROJECT EVALUATION IN ONION CROP  
(*Allium cepa* L.), IN VILLAGE EL RODEO, EL PROGRESO, TE-  
RRITORIAL DIVISION OF JUTIAPA, GUATEMALA, C. A.**

**Abstract**

The effect of plastic mulch on yield and quality cultivation of onion (*Allium cepa* L.) was evaluated. Treatments were bare soil and soil with plastic mulch. The experimental design was based on paired comparisons with 12 repetitions. Variables measured included yield, product quality, weight and bulb diameter, which were analyzed by means of paired comparisons of means; except for yield, which was subjected to covariance analysis, taking as covariate the number of plants. This was due to Tropical Storm Agatha assy partial damage, leaving an uneven number of plants on some experimental plots. Means were compared corrected with the Tukey test. Additionally, on each one of repetitions soil moisture and temperature were measured. Using plastic mulch yielded higher moisture retention and a more stable oscillation temperature behavior in the soil, generating a microclimate that favored the growth and development of the root system of the onion plants; which was reflected in an increase of 18.92% in the total yield and 38.06% in the proportion of first quality bulbs.

**Key words:** Plastic mulch, onion, yield, temperature, humidity, soil.

## Introducción

La utilización de acolchado plástico en la agricultura se ha incrementado en los últimos años de manera significativa en varios países, siendo sus principales beneficios el incremento del rendimiento y calidad (Ibarra & Rodríguez, 1991). Guatemala no es la excepción, tal es el caso del melón en el valle de la Fragua en Zacapa (Calderón & Cardón, 1995); en el valle de Salamá el 20% de los agricultores utiliza acolchado plástico en el cultivo de tomate (Zembo 2003). En El Progreso, Jutiapa, su uso se ha generalizado en este mismo cultivo, principalmente en el caserío Laguna de Retana (López 2005). Sin embargo, en cultivos de alta densidad de siembra como la cebolla, esta tecnología aun no se ha difundido. Este cultivo es una hortaliza de importancia a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar con una producción de 57.9 millones de toneladas (FAO 2005) y en el ámbito nacional forma parte de la canasta básica familiar (INE 2010).

En la actualidad la problemática de usar plásticos como acolchados en cultivos de alta densidad, en este caso la cebolla, radica especialmente en los diseños comerciales ofrecidos por las empresas, ya que los distanciamientos entre agujeros en el plástico no coincide con los distanciamientos de siembra utilizados por los agricultores, por lo tanto el agricultor manualmente necesitaba hacer un esfuerzo adicional que implica mas tiempo y mano de obra al realizar con sus propios medios las perforaciones en dicho plástico, lo cual incrementa los costos de producción. En el 2004, la empresa productora de plásticos para el desarrollo, Olefinas S.A., desarrollo un acolchado plástico diseñado especialmente para los distanciamientos de siembra de la cebolla.

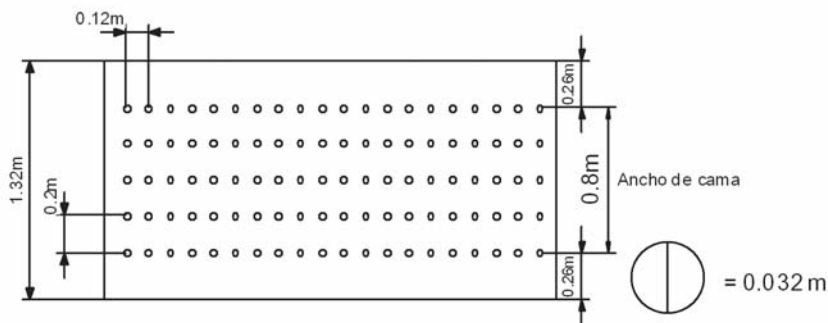
Para Ibarra & Rodríguez (1991) los beneficios del acolchado son el control de malezas, obtención de cosechas más tempranas, eficiencia en el uso del agua, mayor aprovechamiento de los fertilizantes, mejora la estructura del suelo y actividad microbiana, lo cual se traduce en un incremento del rendimiento y calidad. Sin embargo, evaluaciones con sustentación científica

que validen los beneficios del acolchado plástico en éste cultivo aun no se han realizado. Con base en lo antes mencionado, el objetivo de esta investigación fue: evaluar el efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento y calidad del cultivo de cebolla, en el caserío El Rodeo, municipio de El Progreso, Jutiapa, en los meses de mayo a septiembre de 2010.

## Materiales y métodos

### Tratamientos

El tratamiento evaluado correspondió al uso de acolchado plástico como cobertura del suelo comparado con un testigo relativo suelo sin acolchar. El plástico utilizado como acolchado es un Coextruido color plata/negro, de 1.32 m de ancho y 1,220 m de largo y un grosor de 18.75  $\mu\text{m}$  (0.75 milésimas de pulgada). Con cinco hileras de agujeros para siembra (32 mm de diámetro), con distanciamientos de 0.20 m entre surco y 0.12 m entre planta, (figura 1). Como testigo relativo se tomó de basé el nivel tecnológico empleado por los agricultores González (2005), que incluye fertirrigación, semilla mejorada, pilones y alta aplicación de insumos agrícolas. Este también sirvió de referencia para el manejo agronómico del cultivo.



**Figura 1.** Características del acolchado plástico.

### Diseño experimental

El diseño en campo fue en un arreglo de parcelas apareadas con 12 repeticiones o bloques, con un área experimental de 0.072Ha (figura 2).

La unidad experimental estuvo compuesta por 1 cama de siembra de 5 hileras, de 0.80 m de ancho y 20 m de largo, con un área de 30 m<sup>2</sup>. El experimento estuvo compuesto por un total de 24 unidades experimentales (t×r = 2×12 = 24 U.E.). Para la parcela neta se tomó un espacio de 5 m lineales ubicados en la parte central de la unidad experimental, considerando únicamente las tres hileras centrales de la cama de siembra, dejando las hileras de los extremos para efecto de borde. El tamaño de la parcela neta fue de 3m<sup>2</sup>.

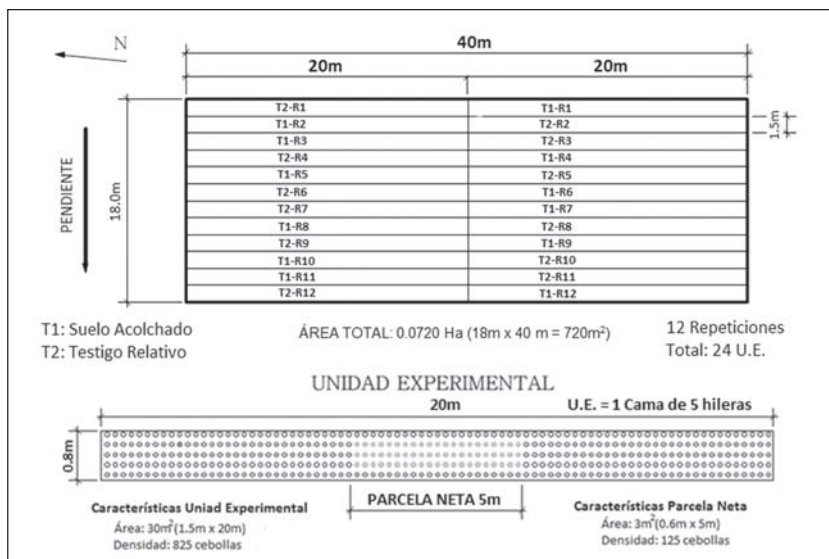


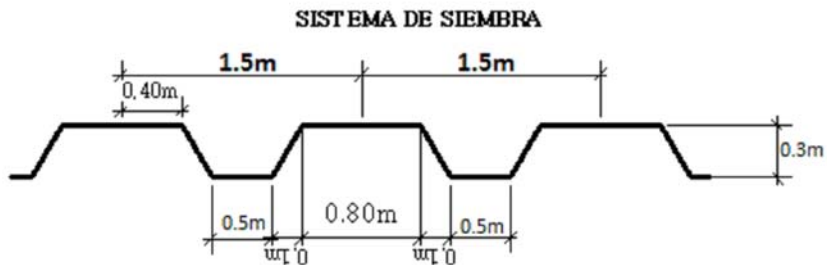
Figura 2. Arreglo espacial de los tratamientos y unidad experimental.

Todas las variables a excepción del rendimiento se analizaron mediante una comparación de medias pareadas; para el caso del rendimiento se realizó un análisis de varianza considerando la covariable número de plantas y su respectivo ajuste de medias.

### Manejo agronómico del experimento

La siembra se realizó en el mes de mayo, utilizando pilones del material vegetal Xon 210W® de Sakata, bajo el siguiente sistema de siembra (figura 3).

En este caso no fue necesario regar, excepto con fines de nutrición, ya que las lluvias fueron bastante frecuentes y los tensiómetros utilizados para monitorear la humedad de suelo en ningún momento indicaron valores de tensión que requiriera la aplicación de riego. Los niveles de fertilización en kilogramos por hectárea fueron los siguientes: 155.44 de N, 190.01 de  $P_2O_5$ , 188.31 de  $K_2O$ , 60.86 de CaO, 54.08 de MgO, y 109.54 de S.



**Figura 3.** Sistema de siembra.

La cosecha se realizó a los 98 días después del trasplante, cuando la cebolla terminó su fase de formación de bulbo.

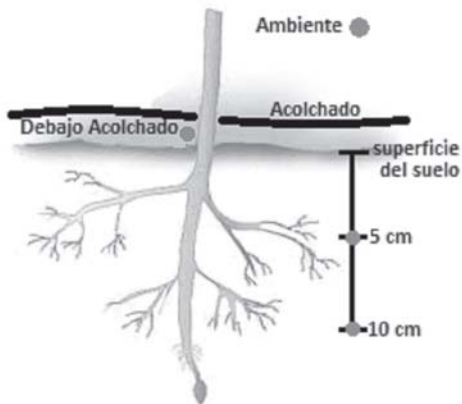
### Variables evaluadas

**Rendimiento:** Se cosecharon las plantas correspondientes a la parcela neta, anotando el número de bulbos cosechados y su peso total.

**Calidad:** Se evaluaran 3 aspectos: EL porcentaje de bulbos de primera, segunda y tercera; el diámetro de bulbo y peso de bulbo.

**Humedad:** Se utilizaron 2 tensiómetros, los cuales se colocaran en unidades experimentales representativas de cada tratamiento a una profundidad de 15cm. Las lecturas se realizaron por la mañana (8:00 hrs).

**Temperatura:** Se tomaron lecturas a las 8:00 hrs, 12:00 hrs y 17:00 hrs, durante 21 días, a 5 y 10 cm de profundidad del suelo con un termómetro digital de vástago, y en el caso del acolchado se adicionó una lectura más en el espacio intermedio, entre el suelo y el acolchado (debajo del acolchado). Además se registró la temperatura ambiente utilizando un termómetro ambiental digital a una altura de 1.5 m (figura 4).



**Figura 4.** Puntos de medición de temperatura.

## Resultados y discusión

### Rendimiento y calidad

El resultado del análisis de covarianza indica que la covariable número de plantas si tiene efecto significativo sobre el rendimiento y sí existe diferencia significativa entre los tratamientos con 95% de confianza. Se procedió a realizar el ajuste de las medias, a partir de la cuales se estimó 18.92% de incremento en el rendimiento utilizando acolchado plástico. Éste incremento en el rendimiento concuerda con hallazgos de Ibarra y Rodríguez (1991), quienes observaron incrementos de 20 hasta 200%, respecto a los métodos convencionales. En arveja, Calderón y Dardón (1995) obtuvieron un incremento de 91%. El resumen del análisis de covarianza y ajuste de las medias se presenta en el cuadro 1 y 2.

**Cuadro 1.** Resultados del análisis de covarianza de la variable rendimiento.

F.V.	S.C.	Gl	C.M.	F	Sig.
Repetición	20.928	11	1.903	1.348	0.323
Tratamiento	7.847	1	7.847	5.560	<b>0.040</b>
No_plantas (covariable)	28.143	1	28.143	19.942	<b>0.001</b>
Error	14.113	10	1.411		
Total	134.836	23			

**Cuadro 2.** Ajuste de las medias de los tratamientos.

Tratamiento	Medias	Medias Ajustadas
T1-Acolchado	8.19 Kg/parcela	7.73 Kg/parcela
T2-Testigo Relativo	6.03 Kg/parcela	6.50 Kg/parcela

Las pruebas de medias para las variables diámetro y peso de bulbo también resultaron significativas, con valores de medias mayores que el testigo relativo. Los resultados de los análisis se presentan en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Prueba de medias de diámetro y peso de bulbo de cebolla.

Variable	Medias de tratamientos			
	Sin acolchado	Con acolchado	t de Student	Significancia
Diámetro de bulbo (cm)	6.13	6.78	4.583	0.001
Peso de bulbo (g)	128.37	162.75	3.803	0.003

Por otra parte, al igual que el rendimiento, también el porcentaje de bulbos de primera fue elevado con el uso del acolchado plástico en 38.06%, reduciéndose la proporción de bulbos de segunda y tercera calidad (cuadro 4). Estadísticamente se encontró diferencia significativa para bulbos de primera y segunda calidad. La covariable número de plantas resultó significativa únicamente en los bulbos de tercera calidad, sin embargo no se encontró diferencia entre tratamientos para esta calidad.

**Cuadro 4.** Comparación de calidades de cebolla y resultados del ANDEVA.

Variable	Tratamientos		Valor F	Significancia
	Sin acolchado	Con acolchado		
Primera calidad (%)	34.94	48.24	21.01	0.0010
Segunda calidad (%)	33.69	42.29	11.59	0.0067
Tercera calidad (%)	18.07	22.77	3.63	0.0860

Para formarse una idea general del rendimiento esperado en una hectárea se realizó una estimación a partir del peso promedio de bulbo multiplicado por la densidad de plantas por hectárea con el distanciamiento utilizado (cuadro 5). También se calculó el rendimiento con ajuste de pérdida de pérdida de plantas (45%) que ocasionó la tormenta Ágata.

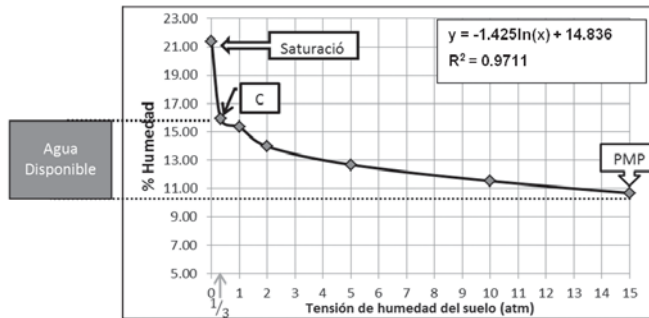
**Cuadro 5.** Estimación del rendimiento en Tm ha<sup>-1</sup>.

Tratamientos	Peso de Bulbo (gr)	Densidad poblacional (Plantas/ha)	Rendimiento estimado (Tm/ha)	% pérdida plantas	Densidad con ajuste de pérdida	Rendimiento ajustado (Tm/ha)
T1 (Acolchado)	162.75	277,778	45.02 Tm/ha	45	150,555.68	24.50
T2 (Testigo rel.)	128.37	277,778	35.65 Tm/ha	45	150,555.68	19.33

Este incremento del rendimiento y calidad puede ser atribuido a las modificaciones del ambiente inducidos por el acolchado plástico, principalmente mayor humedad, efecto amortiguador de la temperatura y mejor eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes, los cuales se discutirán a continuación.

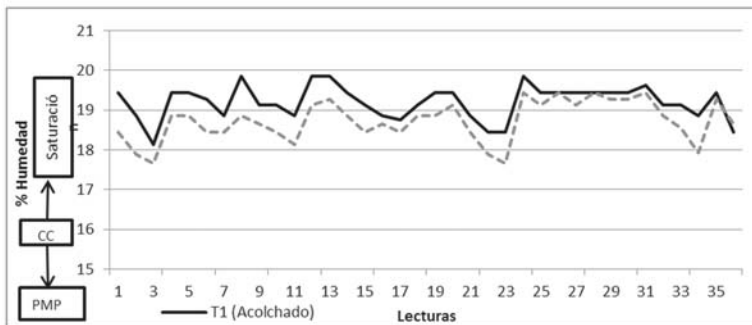
### Humedad del suelo.

En la figura 5 se muestra la curva característica de humedad del suelo elaborada con los resultados del análisis de las constantes de humedad. Estos datos se emplearon para ajustar una ecuación de regresión que se utilizó para estimar el porcentaje de humedad que correspondía a cada valor de tensión indicado por los tensiómetros.



**Figura 5.** Curva característica de retención de humedad del suelo.

En la figura 6 se presenta el comportamiento de la humedad en cada tratamiento. Puede observarse un mayor porcentaje de humedad en el tratamiento con acolchado plástico.



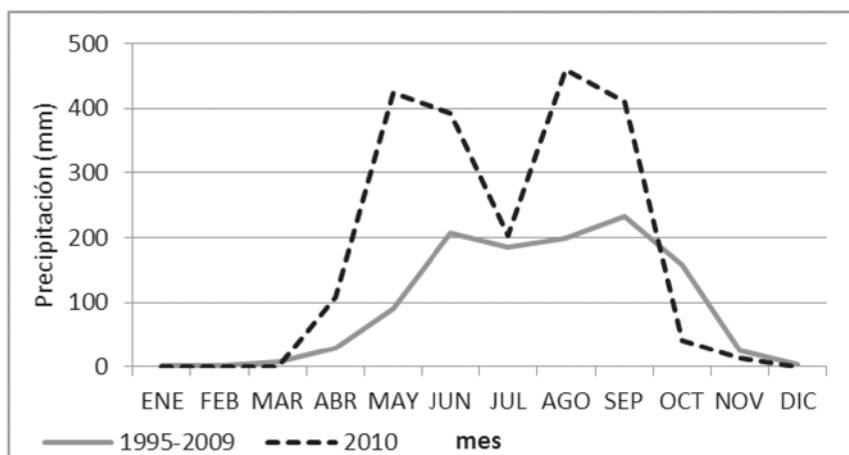
**Figura 6.** Comportamiento de la humedad del suelo por tratamiento.

De acuerdo con la prueba de *t*, esta diferencia en la humedad del suelo entre los tratamientos es estadísticamente significativa, indicando que no se debe al azar y genera evidencia para atribuirlo al uso de acolchado plástico (cuadro 6). Sin embargo, es importante considerar que si bien se observa diferencia significativa, el porcentaje de humedad del suelo en ambos tratamientos se mantuvo dentro del rango de saturación, lo cual se debió al copioso período de lluvias durante la conducción del experimento, puede observarse en la figura 7.

Vale indicar que a pesar de que el área de captación de agua con acolchado plástico queda reducida a sus agujeros, la humedad se mantuvo por encima del testigo, lo cual puede ser explicado por la impermeabilidad del acolchado que evita el escape del vapor de agua y la menor competencia por malezas (Alvarado & Castillo 1999).

**Cuadro 6.** Resumen de la prueba de medias para la variable humedad del suelo.

Variable	Medias de tratamientos		t de Student	Significancia
	Sin acolchado	Con acolchado		
Humedad del suelo (%)	19.20%	18.74%	9.60	□ 0.0001



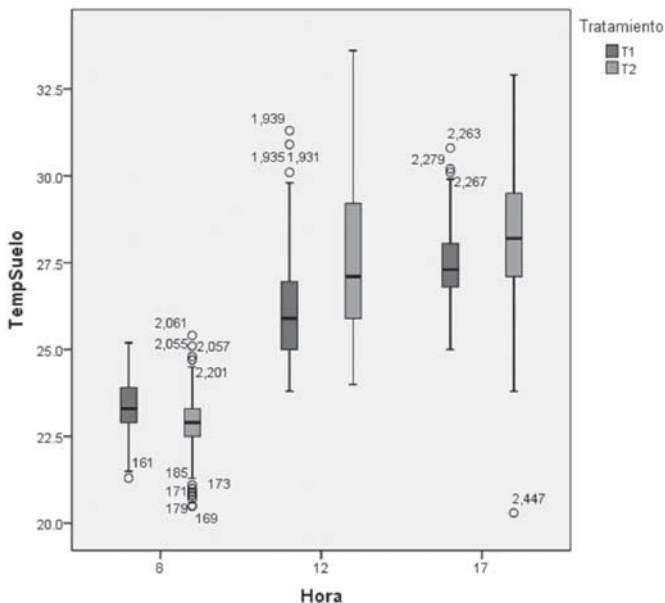
**Fuente:** Estación meteorológica de Quezada, Jutiapa. INSIVUMEH, GT.

**Figura 7.** Precipitación ocurrida durante la investigación (2010) comparado con años anteriores (1995-2009).

### Temperatura del suelo

En el diagrama de Box-plot (figura 8) se observa la dispersión de los datos de temperatura del suelo a partir del cual se pueden hacer las siguientes inferencias. En cuanto al efecto de la hora de medición, se observa que en ambos tratamientos la temperatura del suelo va incrementándose durante el transcurso del día, aunque la tasa de incremento varía, siendo mayor la acumulación de calor en el transcurso de las 8:00 hrs a las 12:00 hrs. También se puede observar la dispersión de los datos, mostrando mayor va-

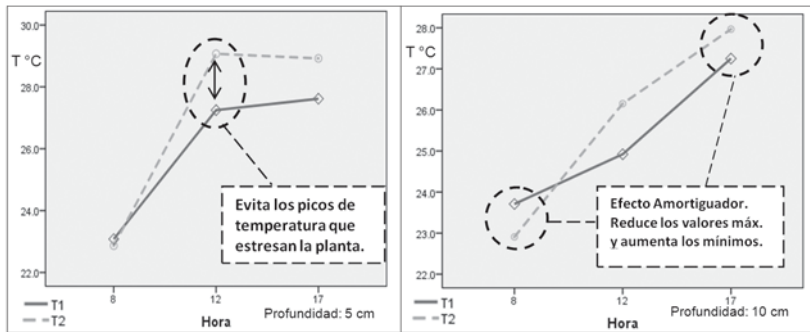
riabilidad las lecturas de las 12:00 hrs. Esto se debe a que en la mañana la transferencia de energía entre el suelo y la atmósfera es más estable, mientras que a medio día la transferencia de energía es más activa considerando que los rayos del sol llegan en ángulo recto a la tierra, por lo cual hay mayor variabilidad en los datos.



**Figura 8.** Diagrama de cajas (Boxplot) mostrando el efecto de los tratamientos sobre la temperatura del suelo.

En cuanto al efecto de los tratamientos, puede observarse que el acolchado presentó menor dispersión y menor temperatura del suelo excepto en las lecturas de las 8:00 hrs., lo cual puede atribuirse al mayor contenido de humedad del suelo produciendo un efecto *amortiguador*, tal como lo menciona Alvarado & Castillo (1999), “disminuyendo las temperatura máximas y aumentando las mínimas” con respecto al testigo relativo, evitando los valores picos que pueden llegar a estresar o mermar el metabolismo de la cebolla (figura 9).

Evaluación de acolchado plástico en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el caserío El Rodeo, El Progreso, Jutiapa, Guatemala, C. A.



**Figura 9.** Temperatura del suelo por Hora\*Profundidad\*Tratamiento.

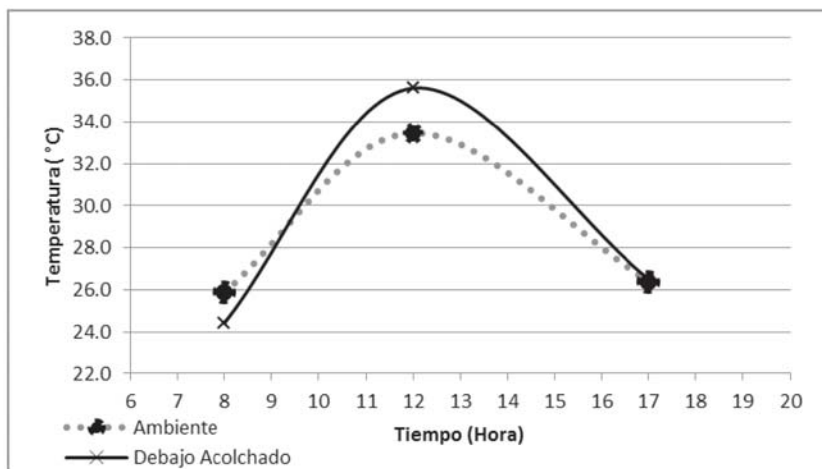
Este efecto puede ser explicado por tres razones:

- Por la reflexión que produce el color plateado de del acolchado.
- Por la mayor retención de agua en el suelo.
- La rapidez con que el calor acumulado es liberado a la atmósfera.

La primera se explica por la reflexión que produce el color plateado de la superficie exterior del acolchado, lo cual limita la cantidad de energía solar que el suelo puede recibir, evitando que se alcancen temperaturas que estresan a la planta.

La segunda está relacionada con la mayor retención de agua al impedir que escape en su forma gaseosa, por lo que la ganancia térmica es mayor, suavizando los cambios de temperatura. Aquí cabe mencionar el efecto de la profundidad, ya que a mayor profundidad el contenido de agua es mayor y por consiguiente el efecto amortiguador es aún más marcado.

La tercera razón está relacionada con el efecto invernadero que se produce en el espacio intermedio, entre el suelo y el acolchado, donde el plástico actúa como barrera de retención de las ondas largas, por lo que a medio día los valores de temperatura sobrepasan a la temperatura ambiente. Parte de este calor acumulado es transferido al suelo y otra parte liberado a la atmósfera muy lentamente, por lo que la temperatura se mantiene arriba de las mínimas alcanzadas durante la noche y madrugada (figura 10).



**Figura 10.** Temperatura Ambiental y del espacio intermedio.

El análisis estadístico indica que para la variable temperatura del suelo existe diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro 7). Con esta información se puede inferir que parte del incremento del rendimiento se debe a la modificación de la temperatura, especialmente por el efecto amortiguador inducido por el acolchado plástico.

**Cuadro 7.** Resumen del análisis de varianza para la variable temperatura del suelo.

Origen	S.C.	GL	C.M.	F	Significancia.
Tratamiento	346.345	1	346.345	249.022	<0.0001
Repetición	77.753	11	7.068	5.082	<0.0001
Día	1351.486	20	67.574	48.586	<0.0001
Hora	12754.899	2	6377.449	4585.377	<0.0001
Profundidad	728.063	1	728.063	523.476	<0.0001
Error	4155.780	2988	1.391		
Total	2059875.260	3024			
Total corregida	19414.327	3023			

## Conclusiones

1. El uso de acolchado plástico en el cultivo de cebolla incremento el rendimiento en 18.92% y el porcentaje de bulbos de primera en 38.06%.
2. El acolchado produjo un efecto amortiguador de la temperatura, disminuyendo las temperaturas máximas y aumentando las mínimas” con respecto al testigo, evitando los valores picos que pueden llegar a estresar o mermar el metabolismo de la cebolla, lo cual favorece el desarrollo radicular de la planta.
3. El acolchado plástico mantuvo un mayor porcentaje de humedad en el suelo respecto al testigo relativo.

## Literatura citada

1. Alvarado Valenzuela, P; Castillo Gutiérrez, H. 1999. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno (en línea). Chile, Universidad de Chile, Revista Agroeconómica de la Fundación Chile Consultado 20 mar 2010. Disponible en: [http://74.125.47.132/search?q=cache:GngGxV4d4R8J:mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/pa/ciencias\\_agronomicas/a2002101895807publiacolchadodesuelo1999.doc](http://74.125.47.132/search?q=cache:GngGxV4d4R8J:mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/pa/ciencias_agronomicas/a2002101895807publiacolchadodesuelo1999.doc)
  2. Calderón Bran, LF; Dardón Avila, D. Evaluación de polietileno coextuido blanco negro en la conservación de humedad y mejor aprovechamiento de nutrientes en el cultivo de arveja china. Guatemala.
  3. FAO, IT. 2002. El cultivo protegido en clima Mediterráneo (en línea). Roma, Italia. Consultado 20 mar 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/S8630S/s8630s05.htm>
  4. González, RA. 2005. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión en el municipio de El Progreso, Jutiapa. Guatemala. Tesis Lic. Econ. Guatemala, USAC, Facultad Ciencias económicas. v. 1.
  5. Ibarra Jiménez, L *et al.* 2001. Cubiertas flotantes, acolchado plástico y control de mosca blanca en el cultivo de calabacita. México, Universidad de Chapingo, Revista Chapingo, Serie Horticultura.
  6. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Censo nacional agropecuario 2003 (CENAGRO) (en línea). Guatemala. Consultado 28 feb 2010. Disponible en <http://www.ine.gob.gt/index.php/agricultura/45-agricultura/74-cenagro-2003>
  7. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2010b. Registros históricos, datos mensuales de lluvia (en línea). Guatemala, Estación meteorológica Quezada, Jutiapa.
  8. López, PR. 2005. Sistematización de las experiencias de uso de tecnologías en el cultivo de tomate en Laguna de Retana, El Progreso, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 27 p.
- Zembo, JC. 2003. Asistencia técnica para la eliminación del bromuro de metilo en la fumigación de suelos en el cultivo del tomate. Guatemala. 11p.

Revista  **tikalia** se terminó de imprimir en el mes de diciembre del 2012, en los talleres de Editora Arizandieta, con una tirada de 500 ejemplares en papel bond beige de 80 gramos.