

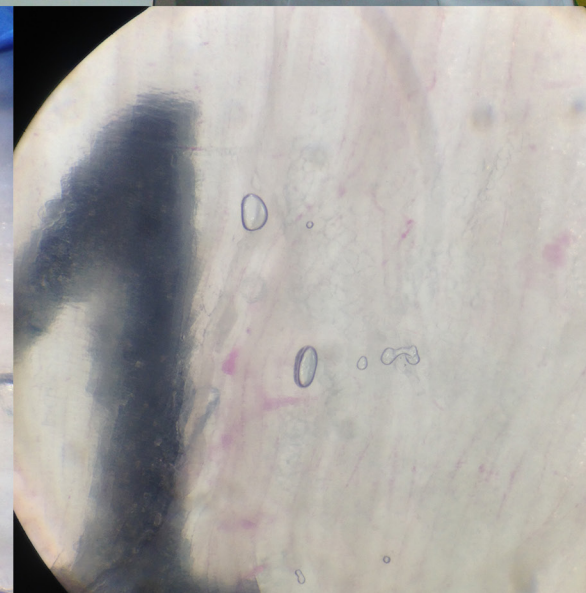
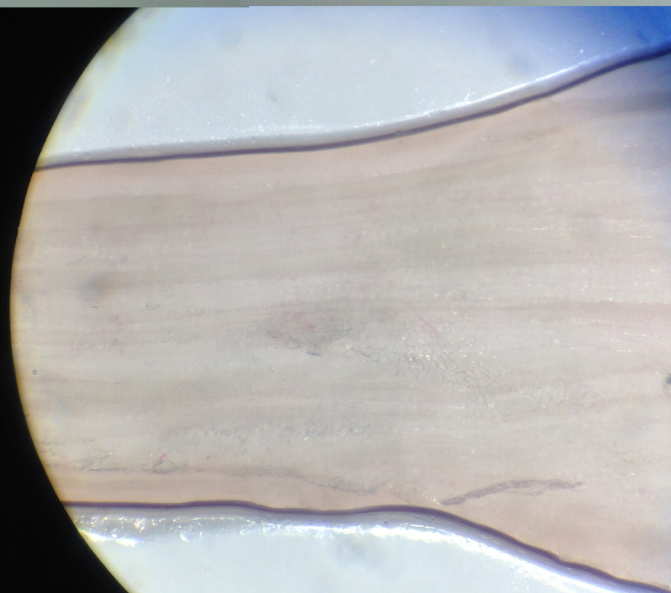
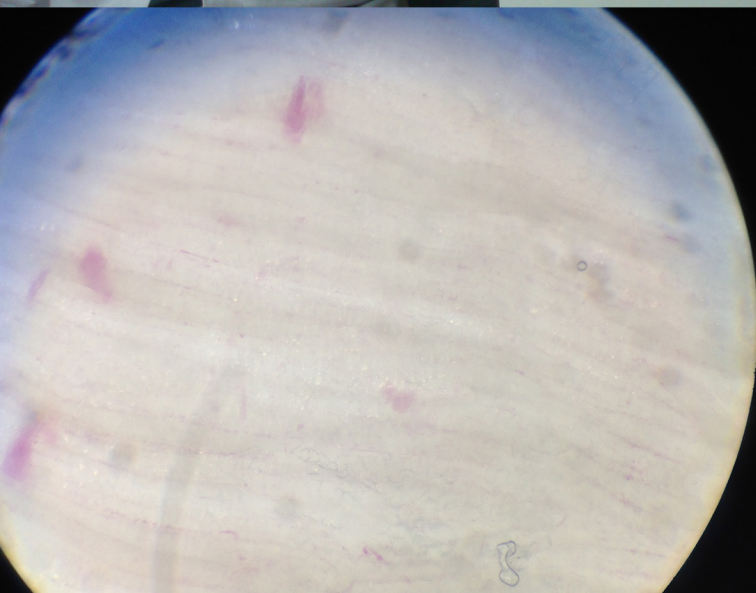


AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año II
No 10





Maestro Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Manuel de Jesús Joya Ábrego
Vicerrector Académico

Ing. Agr. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Vicerrector Administrativo

Maestro Cristóbal Hernán Ríos Benitez
Secretario General

Licda. Josefina Sibrián
Presidenta Asamblea General Universitaria (AGU)

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
**Secretario de Investigación Científica de la Universidad
de El Salvador (SIC-UES)**
**Director Ejecutivo del Consejo de Investigaciones
Científicas de la Universidad de El Salvador (CIC-UES)**



Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Decano Facultad de Ciencias Agronómicas

Dr. Francisco Lara Ascencio
Vicedecano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. M.Sc. Luis Fernando Castaneda Romero
Secretario Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén
**Jefe de la Unidad de Investigación Facultad de Ciencias
Agronómicas**

Br. Geovany Castillo Salaverría
**Presidente de la Asociación de Estudiantes de la
Facultad de Ciencias Agronómicas (ASECAS)**

Br. Luis Urbina Castillo
**Secretario de la Asociación de Estudiantes de la
Facultad de Ciencias Agronómicas (ASECAS)**



Revista Agrociencia, una publicación de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador.

Febrero- Marzo 2019

Comité Editorial

Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios,
Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Inga. Agr. M.Sc. Blanca Lorena Bonilla de Torres.
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

MVZ. María José Vargas Artiga.
Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Inga. Agr. M.Sc. Blanca Eugenia Torres de Ortiz,
Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Ph.D. Lara-Uc Ma. Mónica.
Alumno Posdoctorante Posgrado de Ciencias Marinas y Costeras
de Universidad Autónoma de Baja California Sur Universidad
Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur,
México.

Ing. Agr. Sabas Alberto Argueta Palacios.
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad
de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ph.D. Víctor D. Carmona Galindo.
Director of Sustainability and Associate Professor Biology
Department. University of Detroit Mercy, Detroit
Michigan, United States.

Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes.
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Geografo Aisur Ignacio Agudo Padrón.
Gerente Investigador del Projeto Brasileiro Autônomo “Avulsos
Malacológicos - AM, Brasil.

MVZ Rudy Anthony Ramos Sosa.
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. Miguel Ángel Hernández Martínez.
Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén.
Jefe Unidad de Investigación, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas.
Secretario de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
y Director ejecutivo (CIC-UES) Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. Rafael Antonio Espino Barahona.
Departamento Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas
de la Universidad de El Salvador.

Carlos Estrada
Director- Editor de la revista Agrociencia, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Contenido

Evaluación del perfil sensorial de la horchata de morro enriquecida con moringa (*Moringa oleifera*) (Lam); Familia: Moringaceae) y su aceptación por la población estudiantil del Complejo Educativo Reino de Suecia, Mejicanos, San Salvador, El Salvador. **Pág. 5**

Relación entre el resultado de la prueba de California para mastitis y las características físico- químicas y microbiológicas de la leche en seis ganaderías lecheras en Sonsonate, El Salvador. **Pág. 16**

Detección de *Trichinella* spp. en cerdos faenados en el rastro de San Salvador. **Pág. 34**

Análisis hidrológico de la cuenca del río Sensunapán, como alternativa para el fortalecimiento de la gestión de riesgos y reducción de la vulnerabilidad, en el departamento de Sonsonate, El Salvador. **Pág. 39**



Evaluación de presencia de triquinelosis en carne de cerdo, una zoonosis transmitida por el consumo de carne contaminada con el nemátodo *Trichinella* spp.

No 10
Año II
Febrero- Marzo 2019
ISSN 2522-6509

<https://revistaagrociencia.wordpress.com/>

Director- Editor: Carlos Estrada
Correctora de estilo: Yesica Guardado

Evaluación del perfil sensorial de la horchata de morro enriquecida con moringa (*Moringa oleifera*) (Lam); Familia: Moringaceae) y su aceptación por la población estudiantil del Complejo Educativo Reino de Suecia, Mejicanos, San Salvador, El Salvador

Ramos De Espinoza, RE

Estudiante tesista

Departamento de Protección Vegetal,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Tobar Quintanilla, CE

Estudiante tesista

Departamento de Protección Vegetal,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Lara Ascencio, F

Docente Director

Departamento de Protección Vegetal,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Arias de Linares, AY

Docente Director

Departamento de Química Agrícola,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Gómez Orellana, RE

Docente Director

Departamento de Protección Vegetal,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Resumen

La investigación se desarrolló en dos etapas, en el período de julio a septiembre de 2017. La primera consistió en la evaluación del grado de aceptación por parte de la población estudiantil, por medio de una prueba sensorial de cuatro diferentes tratamientos de horchata enriquecida con moringa: 0 g/lb, 10 g/lb, 20 g/lb y 30 g/lb (gramos de moringa por libra de horchata) a través de pruebas hedónicas faciales realizadas en el Complejo Educativo Reino de Suecia ubicado en Calle San Roque Mejicanos, para ello se utilizó una muestra total de 64 estudiantes, 32 estudiantes de edades entre 7-8 años y 32 estudiantes de 11-12 años de edad. Los resultados se analizaron estadísticamente a través de un diseño completo al azar con arreglo trifactorial. En la segunda etapa se llevó a cabo un análisis bromatológico siguiendo las marchas del AOAC (Official Methods of Analysis 1980) este análisis se realizó en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el cual se determinó la cantidad de: cenizas, grasas, proteínas, fibra, y minerales: zinc, hierro, y calcio, de la horchata sin moringa y enriquecida con moringa.

Los resultados indican que la preferencia de la bebida enriquecida y sin enriquecer, tuvo un nivel de aceptación similar. Los resultados de los análisis bromatológicos indican que la horchata enriquecida con moringa aumenta sus niveles de grasas, proteínas, fibras, zinc, hierro y calcio sobre la no enriquecida, por lo que se recomienda realizar un estudio de vida útil del producto, aceptación en estudiantes de bachillerato, universidades y en adultos en general.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, análisis bromatológico, horchata, pruebas hedónicas, prueba sensorial.

Abstract

The research was developed in two stages, in the period from July to September 2017; the first consisted in the evaluation of the degree of acceptance by the student population, through a sensory test of four different treatments of horchata enriched with moringa: 0 g / lb, 10 g / lb, 20 g / lb and 30 g / lb (grams of moringa per pound of horchata) through facial hedonic tests carried out in the Kingdom of Sweden Educational Complex located in San Roque Mejicanos Street. In this study a total sample of 64 students was taken, 32 students of 7- 8 years old and 32 students of 11- 12 years old. The results were statistically analyzed through a complete randomized design with trifactorial arrangement. In the second stage of this study a bromatological analysis was carried out following the AOAC marches (Official Methods of Analysis 1980). This analysis was made at the Laboratory of the Department of Agricultural Chemistry of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, in which the amount of: ashes, fats, proteins, fiber, and minerals: zinc, iron, and calcium, of the horchata without moringa and enriched with moringa treatments.

The results indicate that the preference of the enriched and non-fortified drink had a similar level of acceptance. The results of the bromatological analyzes indicate that horchata enriched with moringa increases its levels of fats, proteins, fibers, zinc, iron and calcium over unenriched. Therefore it is recommended to conduct a study of the product's useful life, acceptance in high school students and universities, in adults in general.

Key words: *Moringa oleifera*, bromatological analysis, horchata, hedonic tests, sensory test.

Introducción

Uno de los cultivos introducidos en 1920 en El Salvador desde la India fue la moringa (*Moringa oleifera* (Lam)), la cual es poco conocida y menos explotada. Actualmente USAID (United States Agency for International Development), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y otras instituciones que se encargan de impulsar la economía agrícola en el país, están promoviendo la siembra de esta planta, por sus excelentes cualidades benéficas en la salud del ser humano, ya que esta planta es capaz de contrarrestar muchas enfermedades debido a su alto contenido vitamínico y cualidades desintoxicantes naturales (Ramírez 2014).

En la actualidad, a nivel mundial se observa la abundancia de bebidas refrescantes las cuales contienen altas cantidades de azúcar, colorantes, preservantes y otros tipos de aditivos que no aportan más que efectos negativos a largo plazo en la salud humana. Estos antecedentes alertan sobre la necesidad de crear productos específicos para los requerimientos de los niños y jóvenes del país. Por ello, se consideró hacer un aporte a la industria agroalimentaria y salud humana, con una bebida innovadora que sea de alto valor nutricional, sin ningún contenido de aditivos químicos.

Materiales y métodos

Descripción general del estudio

El estudio se realizó entre los meses de julio a septiembre de 2017 y se desarrolló en dos etapas. La primera consistió en la evaluación sensorial a través de pruebas hedónicas faciales, las cuales se realizaron en el Complejo Educativo Reino de Suecia, ubicado en Calle San Roque Mejicanos, San Salvador con una altitud de 630 m.s.n.m. mediante una muestra total de 64 estudiantes, 32 de ellos en edades de 7-8 años y 32 de 11-12 años de edad. En la segunda etapa se llevó a cabo un análisis bromatológico en el cual se determinó la cantidad de proteínas, fibra, zinc, hierro, calcio, grasas y cenizas en la horchata sin moringa y los mismos valores bromatológicos en la horchata con moringa. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Metodología de campo

Formulación adición de moringa

Se realizaron cuatro adiciones de moringa en la horchata enriquecida: 0 g de moringa por lb de horchata (0 g/lb), 10 g/lb, 20 g/lb y 30 g/lb de moringa, con

el fin de evaluar la aceptación de la horchata a través de sus características organolépticas, por parte de la población estudiantil.

Proceso de recolección y pulverización de hojas de moringa

Recolección de hojas: Las hojas fueron recolectadas en el municipio de San Juan Opico, La Libertad, las características de estas antes de cosecharse fueron: color verde y sin coloraciones amarillentas. Se cosecharon aproximadamente 11,350 g (equivalente a 25 libras) de ocho árboles de moringa para enriquecer 11,350 g de horchata (equivalente a 25 libras). Se recolectaron las hojas de moringa y se seleccionaron para su análisis y procesamiento.

Selección y pesado: se seleccionaron las hojas verdes sazonas, con madurez fisiológica aceptable y libre de daños, después se eliminaron los raquis primarios y secundarios y se pesaron obteniendo 11,350 g de hojas en fresco.

Lavado y desinfectado: se lavaron las hojas con agua potable a presión y en un recipiente plástico con una solución de agua y cloro a 10ppm, con el propósito de realizar una sanitización.

Secado y deshidratado de hojas: Se realizó con el fin de obtener un buen secado de las hojas y que permitiera lograr una conservación de nutrientes, un producto homogéneo y de buen color, así como evitar cambios de color y ennegrecimiento. Esto se hizo de 2 formas:

- Se secaron las hojas con mantas de algodón.
- Se deshidrataron las hojas por cuatro minutos a 125°C, utilizando un horno.

Pesado: Se pesaron las hojas secas en balanza semi-analítica.

Molienda, pesado y almacenado: Se molieron las hojas secas en una licuadora industrial y posteriormente se pesó ya pulverizados, luego se almacenaron en bolsas plásticas color negro para evitar el contacto con la luz y evitar pérdida de nutrientes.

Proceso de elaboración de horchata de morro enriquecida con moringa

El proceso de elaboración artesanal de horchata fue: selección de materia prima (Morro, arroz, ajonjolí y maní), materiales que luego se pesaron en una balanza semi-analítica, para luego ser tostadas a una temperatura de 125°C en estufa por un tiempo de 30 minutos. Posteriormente se molieron en un molino de nixtamal, obteniendo 11,350 g de la mezcla de horchata que quedó compuesta por: 3,459.48 g de Morro, 1557.22 g de Arroz, 260.59 g de

Ajonjolí, 68.1 g de Maní y 4,719.78 g de azúcar.

Se molió en seco, ya que de esta manera el polvo para la horchata duraría más tiempo, debido a que así sus ingredientes mantendrían su humedad natural.

Se adicionaron 3.785 L de agua purificada por cada libra de horchata. El filtrado se realizó con el fin de eliminar las partículas más grandes, para evitar molestias en el paladar del panel sensorial. Se adicionaron 2.25lb de azúcar por cada 3.785 L de horchata. El producto ya elaborado se almacenó en recipientes herméticos en refrigeración, para mantener sus características organolépticas antes de realizar la prueba de aceptación.

Aplicación de Test para prueba de aceptación de horchata

Se realizó una prueba sensorial cada quince días, utilizando una escala hedónica facial en la cual se midió la aceptación en cinco categorías que son: 1) me disgusta mucho, 2) no me gustó, 3) indiferente, 4) me gustó y 5) me encantó

La aceptación de la horchata se evaluó mediante un proceso de catación en el cual se utilizó un instrumento de evaluación sensorial que consistió en la aplicación de un test conteniendo una escala hedónica facial. La escala hedónica facial permite medir preferencias del consumidor especialmente en jóvenes y niños, por presentar de forma pictórica su contenido. El panel de evaluación estuvo compuesto por 32 estudiantes de 7-8 años y 32 de 11-12 años de edad, del Complejo Educativo Reino de Suecia. La prueba se impartió a los estudiantes cada 15 días y se realizaron cinco repeticiones en el horario de 10:00 a.m. a 11:00 a.m.

Metodología de laboratorio

El análisis bromatológico se realizó en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, siguiendo las marchas del AOAC (Official Methods of Analysis) (1980). Se tomó al azar una muestra de 100 g para cada tratamiento (horchata sin moringa, con 10g, 20g y 30g de moringa), se determinó el porcentaje de humedad por el método gravimétrico, el análisis proximal de: proteínas, grasas, fibra cruda y ceniza, por el método Weende. Los minerales: calcio, hierro y zinc, se determinaron por el método de espectrometría de absorción atómica.

Determinación de cenizas

Se obtuvo a través de la colocación del crisol limpio bien identificado en un horno de mufla, calentándolo por una hora a 550°C. Luego se sacó el

crisol del horno mufla y se colocó en un desecador donde se enfrió durante 30 minutos, se pesó el crisol vacío en una balanza analítica digital y se anotó el peso. Se pesaron en una balanza analítica digital, aproximadamente 2g de muestra, a la cual ya se le había determinado la humedad en el crisol de porcelana tarado. Se colocó el crisol en el horno de mufla y se mantuvo la temperatura de 550°C durante 2 horas; se retiró el crisol del horno de mufla, y se colocó en el desecador durante 30 minutos y se pesó el crisol más muestra. El porcentaje de ceniza fue calculado empleando las siguientes fórmulas:

Peso de muestra = (Peso de crisol más muestra- Peso de crisol vacío).

Peso de la ceniza = (Peso de crisol con cenizas) - (Peso de crisol vacío).

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Determinación de Proteína

Se realizó mediante el método de Kjeldahl, el cual comprende tres procesos (digestión, destilación y titulación) que llevan a la destrucción oxidativa de los componentes de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y formación de anhídrido carbónico (CO₂) y anhídrido sulfuroso (SO₂), mientras que el nitrógeno queda retenido como sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄; posteriormente se transforma en amoníaco el cual se destila sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoníaca, que al final se titula con una solución ácida estandarizada. Finalmente fue calculado el porcentaje de nitrógeno empleando las siguientes fórmulas:

Porcentaje de Nitrógeno = ((ml HCL muestra – ml HCL testigo) *N0.014*100)/peso de muestra
Proteína Cruda = porcentaje Nitrógeno x 6.25

Determinación de Grasa

Para la determinación de materia grasa se utilizó el método Soxhlet, realizándose de la siguiente manera:

Se pesó y se secó una muestra de 2.0g de horchata de una cantidad previamente homogeneizada y se colocó en un dedal para una extracción con éter de petróleo por un periodo de 6 horas, utilizando el equipo de extracción soxhlet. Posteriormente, se calculó el porcentaje de grasa por gravimetría.

Determinación de Fibra

La muestra desengrasada, se sometió a proceso de digestión, primero con ácido sulfúrico 1.25% y luego con hidróxido de sodio 1.25%, posteriormente se lavó el material después de cada digestión con suficiente agua destilada caliente hasta eliminación de ácido o álcali del material.

Finalmente se lavó la muestra con alcohol, se secó y se calcinó en un horno de mufla a una temperatura de 600°C por 30 minutos, calculándose el porcentaje de fibra obtenido después de la calcinación.

Cuantificación de Minerales

Se utilizó el método por absorción atómica, utilizando un espectrofotómetro modelo SHIMADZU AA 7000. El proceso consistió en tratar la ceniza con ácido clorhídrico concentrado y agua bidestilada, luego se agitó y calentó cerca del punto de ebullición; después se filtró a través de un papel filtro N° 42 libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales, este material fue introducido en el espectrofotómetro, el cual reflejó a través de las absorbencias las concentraciones de los elementos hierro, calcio y zinc.

Metodología estadística

Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado para el estudio fue un diseño completo al azar con arreglo trifactorial donde los factores estuvieron constituidos por la combinación de los factores siguientes: Sexo (niño, niña), edad (7-8 años y 11-12 años) y adición de moringa a la horchata molida (0g, 10g 20g y 30g), haciendo un total de 16 tratamientos con 5 repeticiones (80 unidades experimentales) (Cuadro 1).

Unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron 32 estudiantes de edades de 7-8 años y 32 de 11-12 años del Complejo Educativo Reino de Suecia ubicado en el municipio de Mejicanos, San Salvador, los cuales constituyeron el panel de evaluación organoléptica y que recibieron todos los tratamientos.

Análisis de la información

El análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico SPSS-23 y se utilizó Microsoft Excel para la realización de las tablas y gráficos.

Se realizaron análisis de varianza con un grado de significancia del 5% para determinar la diferencia entre tratamientos, ya que el estudio se realizó a nivel de campo. Donde se encontraron significancias estadísticas se realizó

una comparación de medias Tukey. Asimismo se calculó las desviaciones típicas para poder ver la consistencia de los datos, en las respuestas de preferencia.

Análisis económico

El análisis económico se realizó, haciendo los cálculos de los costos de la horchata con los diferentes niveles de moringa, para luego comparar esta información con los costos de la horchata comercial y de bebidas carbonatadas que se ofrecen comercialmente en las escuelas, con el propósito de ver si existen ventajas de las fórmulas estudiadas sobre los productos antes mencionados.

Cuadro 1. Tratamientos

Nº	TRATAMIENTOS
1	Niños*7-8 años *0g de moringa
2	Niños*7-8 años *10g de moringa
3	Niños*7-8 años *20g de moringa
4	Niños*7-8 años *30g de moringa
5	Niños*11-12 años *0g de moringa
6	Niños*11-12 años *10g de moringa
7	Niños*11-12 años *20g de moringa
8	Niños*11-12 años *30g de moringa
9	Niñas*7-8 años *0g de moringa
10	Niñas*7-8 años *10g de moringa
11	Niñas*7-8 años *20g de moringa
12	Niñas*7-8 años *30g de moringa
13	Niñas*11-12 años *0g de moringa
14	Niñas*11-12 años *10g de moringa
15	Niñas*11-12 años *20g de moringa
16	Niñas*11-12 años *30g de moringa

Resultados y discusión

Análisis para la variable color de la horchata

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se concluye que los tratamientos, presentan efectos diferentes altamente significativos ($\alpha = 0.01$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que al menos uno de los tratamientos produce un efecto distinto sobre el color de la horchata. Una aproximación a la comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) pudo determinar que el tratamiento constituido por la combinación de niños con edades entre 7 y 8, sin moringa; fueron los que tienen una mejor percepción del color de la horchata (4.53) entre me gusta y me encanta, siendo similar estadísticamente estos resultados con aquellos tratamientos donde solamente los niños estuvieron involucrados. También puede observarse que los tratamientos 1 y 9 son aquellos donde la respuesta de los estudiantes tuvo un comportamiento más homogéneo (cv 18.93% y cv 19.63%) respectivamente, aspecto comprensible pues son los tratamientos donde se aplicó el placebo, es decir cero por ciento de moringa (Fig. 1).

Los resultados anteriores confirman que el color de la horchata fue mejor preferido por los estudiantes que tenían edades entre 7 y 8 años, afirmándose que a menor edad de las niñas y niños tienen una mejor percepción respecto al color de la horchata. Esta afirmación es más consistente en los resultados de aquellos niños cuyas edades eran entre 11-12 (desviación estándar de 0.91); a diferencia de aquellas niñas de menor edad cuya desviación estándar fue (1.206). Es evidente que la edad de los niños, indistintamente del sexo, tiene alguna incidencia sobre la preferencia del color de la horchata. Aquellos niños cuyas edades estuvieron contempladas entre 7 y 8 años fueron más consistentes cuando opinaron acerca de la dosis de 10 y 20 % de moringa (desviación estándar de 1.14 y 1.18 respectivamente); a diferencias de

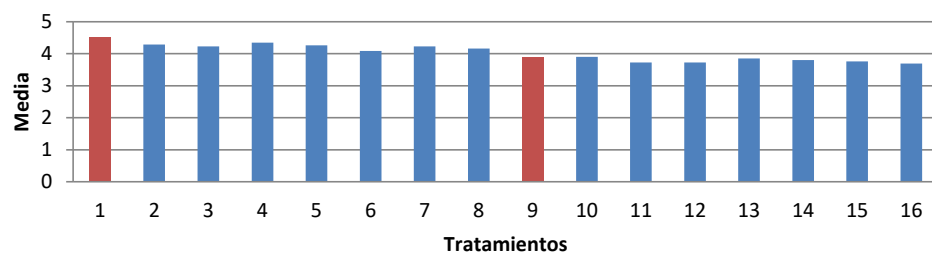


Figura 1. Comportamiento de los tratamientos con respecto al color de la horchata.

aquellos niños y niñas cuyas edades estuvieron contempladas entre los 11 y 12 años, donde hubo mejores coincidencias a cuando se aplicó el tratamiento de 20 y 10% respectivamente, y que sus desviaciones estándar fueron de 0.97 y 1.02 respectivamente.

Estos resultados permiten evidenciar que los estudiantes de sexo masculino con edades de 7 y 8 años presentan una mejor percepción del color de la horchata, esto puede ser debido a que según Correa V. *et al.* (2007), mencionan que se encuentran diferencias en la percepción del color entre sexos de los 9 a los 13 años y de los 14 a los 18 años, debido a los cambios hormonales que sufren tanto hombres como mujeres en estas etapas. De los 9 a los 13 años, en las mujeres ocurre el inicio de la vida reproductiva (menarquía) que se caracteriza por un cambio en los niveles hormonales, mientras que en los hombres, la actividad hormonal es más fuerte entre los 14 y los 18 años. También Correa V. *et al.* (2007), mencionan que la presencia de receptores de estrógenos tipo α en la retina y su influencia sobre la visión de los colores relacionada con su propia regulación pueden explicar las diferencias de percepción entre sexos observada en estas edades, puesto que se experimentan cambios bruscos en los niveles hormonales que deben afectar la regulación de la actividad receptora en la retina y, subsecuentemente, la percepción del color.

Análisis para la variable olor de la horchata

Con el resultado del análisis de varianza se determinó que el tratamiento 30g de moringa con la combinación de niños de edades entre 7 y 8, tienen una mejor percepción del olor de la horchata (4.39 me gusta), siendo similar estadísticamente estos resultados con aquellos tratamientos donde solamente los niños estuvieron involucrados. También puede observarse que los tratamientos 4 y 10 presentan un comportamiento más homogéneo (cv 21.30% y cv 22.49%) respectivamente (Fig. 2).

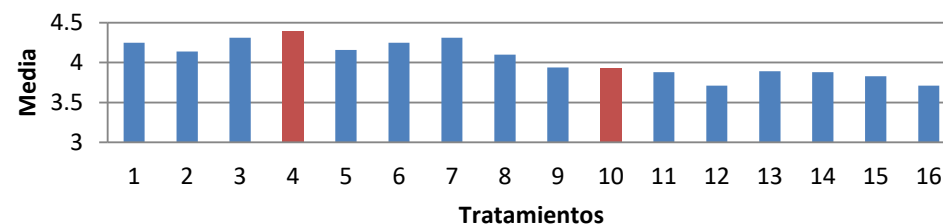


Figura 2. Comportamiento de los tratamientos con respecto al olor de la horchata.

Lo anterior confirma que el olor de la horchata fue preferido por los estudiantes que tenían edades entre 7 y 8 años, afirmándose que la menor edad de las niñas y niños tienen una mejor percepción respecto al olor de la horchata.

La edad de los niños, indistintamente del sexo, incide sobre la preferencia del olor de la horchata, los niños de 7 y 8 años mostraron mejores percepciones acerca del olor, en cambio los niños y niñas de 11-12 años presentaron percepciones más heterogéneas. Los niños y niñas de 7 y 8 años fueron más consistentes cuando opinaron acerca de la dosis de 20 y 10g de moringa.

Los estudiantes del sexo masculino de edades de 7 y 8 años tuvieron una mejor percepción del olor de la horchata en sus diferentes dosis, a pesar que no se conocen estudios donde el sexo y la edad intervienen en la percepción del olor, si existen estudios donde esta se encuentra intervenida por la memoria. Arias (2010) indica que, las investigaciones sobre memoria olfativa involucran dos fases: una de exposición y aprendizaje, y otra de escrutinio separadas por un periodo de retención. Durante la fase de exposición los estímulos son presentados y, dependiendo de las instrucciones y las condiciones de las pruebas experimentales, los olores pueden ser memorizados de manera incidental o intencional. En la fase de escrutinio el mismo estímulo oloroso se presenta de nuevo y por lo general acompañado de un nuevo estímulo, así la memoria puede ser examinada como explícita o implícita.

Análisis para la variable sabor de la horchata

Se observa que el tratamiento representado por la combinación de horchata sin moringa y niños con edades de 11-12 años, tuvieron una mejor percepción del sabor de la horchata (4.64 me encanta), los resultados se mantuvieron similares con aquellos tratamientos donde los niños estuvieron involucrados. Los tratamientos 5 y 6 presentaron un comportamiento más homogéneo con un coeficiente de variación de 17.24 y 20.56 (Fig. 3).

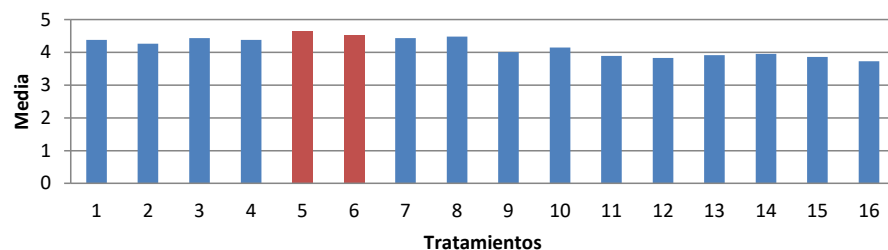


Figura 3. Comportamiento de los tratamientos con respecto al sabor de la horchata.

Se confirma a partir de los resultados anteriores que el sabor de la horchata presentó mayor preferencia por los estudiantes de edades de 7 y 8 años, lo cual permite afirmar que a menor edad los niños y niñas tienen mejor percepción del sabor de la horchata.

La edad de los niños presenta alguna incidencia sobre la preferencia de sabor de la horchata, se observa que los niños de entre 7 y 8 años tuvieron una mejor percepción del sabor, al contrario de los niños de 11 y 12 años cuya percepción fue más heterogénea. Los estudiantes de 7 y 8 años fueron más consistentes en su opinión acerca de las dosis de 20 y 30 % de moringa (desviación estándar de 1.04 y 1.08 respectivamente); no así los niños y niñas de 11 y 12 años, donde hubo mejores coincidencias a cuando se aplicó el tratamiento 10 y 20% de moringa con una desviación de 1.07 y 1.08 respectivamente.

Dichos resultados evidencian que el sexo masculino con edades de 7 y 8 años tienen una mejor percepción del sabor de la horchata, Cervantes *et al.* (2018), menciona que cuando un receptor es estimulado por una de las sustancias disueltas y envía impulsos nerviosos al cerebro. La frecuencia con que se repiten los impulsos indica la intensidad del sabor. Conforme va aumentando la edad de los individuos resulta más difícil detectar el sabor dulce o salado en una disolución acuosa.

Análisis para la variable textura de la horchata

La comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$), determinó que el tratamiento constituido por la combinación de niños con edades entre 11 y 12, sin moringa fueron los que tuvieron una mejor percepción de la textura de la horchata (4.30) me gusta, siendo similares dichos resultados con aquellos tratamientos donde solamente los niños estuvieron involucrados. Se observó que los tratamientos 9 y 13 son aquellos donde la respuesta fue más homogénea con un coeficiente de variación de 21.56 y 22.43 respectivamente, siendo dichos tratamientos los de 0g de moringa (Fig. 4).

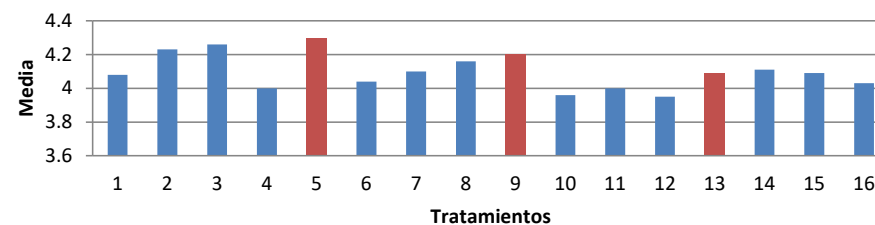


Figura 4. Comportamiento de los tratamientos con respecto a la textura de la horchata.

La textura de la horchata fue mejor preferida por los estudiantes que tenían edades entre 7 y 8 años, por lo que se afirma que a menor edad las niñas y niños tienen una mejor percepción respecto a la textura de la horchata.

Los estudiantes con edades de 7 y 8 años fueron más consistentes en su opinión acerca de las dosis de 10 y 20 % de moringa (desviación estándar de 1.25 y 1.30 respectivamente); a diferencia de aquellos cuyas edades estuvieron entre los 11 y 12 años, donde hubo mejores coincidencias a cuando se aplicó la proporción de 20 y 10% con desviaciones estándar de 1.00 y 1.02 respectivamente.

Los niños de 7 y 8 años de edad tuvieron una mejor percepción de la textura de la horchata, Chacón (2011), menciona que desde el nacimiento y durante los primeros años, cuando los sentidos son inmaduros, aspectos como la forma, la textura y hasta el color pueden jugar un rol más importante como componentes de la percepción sensorial de lo que representan en el caso de los adultos. En los niños y las niñas, las sensaciones que emergen de la integración de la visión, el gusto y el olfato con la experiencia mecánico-táctil son de suma importancia en el establecimiento del agrado por los alimentos.

Análisis bromatológico de las formulaciones de horchatas sin y con moringa

Análisis de proteína

Según la FAO (2014), la ingesta diaria de proteína recomendada en niños de 5 a 12 años de edad es de 1.35 g/día de proteína, valor que estaría siendo superado por el aporte proteico de un vaso de 250 ml de bebida horchata de la formulación de una libra con 30g de moringa, la cual aporta a la dieta adicionalmente 4.02 g (1.61%) (Fig. 5).

Análisis de grasa

El valor más alto de grasa que corresponde a un agregado de 30g de moringa no supera el nivel de ingesta diaria, que según la OMS (2018) no debe ser mayor a 30%.

En una porción de bebida de 250 ml de horchata (un vaso de horchata) con un agregado de 30g de moringa, los niños y niñas están consumiendo 5.54 % de grasa (Fig. 6).

Análisis de fibra

Para el caso del estudio realizado, una porción de bebida de 250 ml de horchata (un vaso de horchata) con un agregado de 30g de moringa, los

niños y niñas están consumiendo 40.63 g de fibra. Esto está sustentado por lo reportado por la FAO (2014), quien estima que la ingesta de 25 a 30g diarios de fibra contribuye a la prevención de enfermedades y es necesaria para mantener el adecuado funcionamiento del intestino, entre otros (Fig. 7).

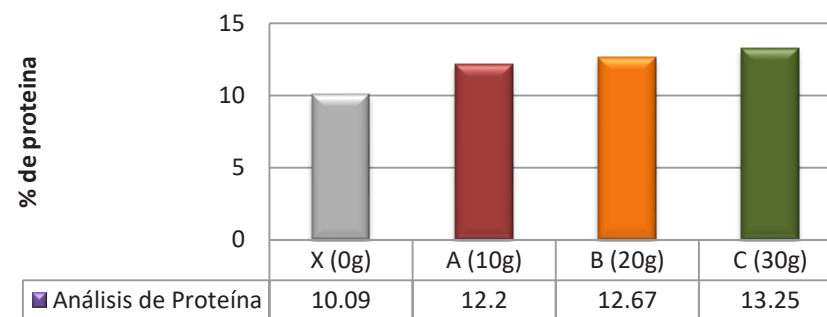


Figura 5. Análisis de proteína de las formulaciones de horchatas sin y con moringa.

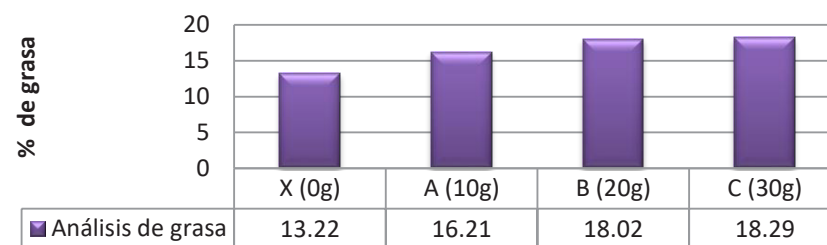


Figura 6. Análisis de grasa de las formulaciones de horchatas con y sin moringa.

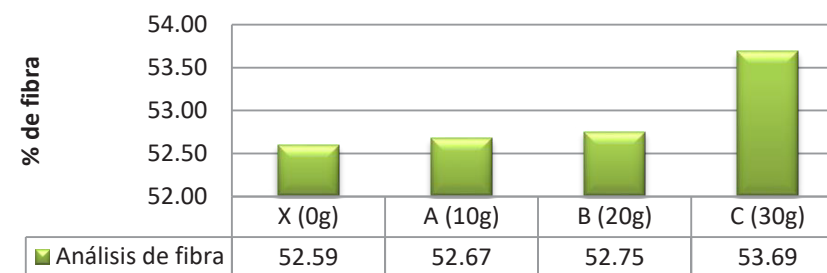


Figura 7. Análisis de fibra de las horchatas.

Análisis de hierro

Según la FAO (2014), las necesidades de hierro en humanos son entre 8 a 18 mg/día y el consumo diario de hierro en niños de 7 a 12 años debe ser 13.33mg/día. Estas necesidades de este elemento son suplidas casi en su totalidad en una porción de bebida de 250 ml de horchata (un vaso de horchata) con un agregado de 30g de moringa, donde los niños y niñas están consumiendo 7.5mg de hierro (Fig. 8).

Análisis de calcio

Se observa un aumento significativo de 1.49 mg de calcio en la muestra con 30 g de moringa en relación a la de 0 g (Fig. 9). Estos resultados son confirmados por Lowell (1999), quien afirma que en cada 100g de porción comestible de polvo de hojas de moringa hay 2,003mg de calcio.

En una porción de bebida de 250 ml de horchata (un vaso de horchata) con un agregado de 30 g de moringa, los niños y niñas están consumiendo 29.96 mg de calcio.

Análisis de zinc

El aporte de zinc de la horchata con moringa es mínimo, de 0.01% en la dosis de 20 y 30 g de horchata respectivamente (Fig. 10). Según la FAO (2018); el requerimiento diario de zinc de niños de 7 a 12 es de 13.4 mg, por lo cual el aporte de este mineral en la horchata enriquecida con moringa no es significativo.

Análisis económico

La libra de horchata sin moringa reflejó un costo de \$ 1.93, siendo un tanto mayor que la horchata comercial de la marca canasta de presentación de 8 onz (media libra) con un precio de \$1.31, la cual puede ser utilizada para elaborar 3 L de bebida líquida. El costo de la horchata en estudio se ve elevado al ser enriquecida con 30g de moringa, con un costo de elaboración de \$2.59, a pesar de ello esta posee mayor cantidad de nutrientes por vaso: 4.02g de proteína, 5.54% de grasa, 40.63g de fibra, 7.5mg de hierro, 29.96mg de calcio y 0.01% de Zinc que la marca comercial, la cual posee: 1% de grasa, 0.2g de fibra y 17g de carbohidratos para dicha presentación, siendo poco beneficiosa a la dieta diaria sugerida. También la horchata en estudio resulta tener un costo similar que 3 L de bebida carbonatada (\$2.10), la cual no posee beneficios para la salud (Cuadro 2).

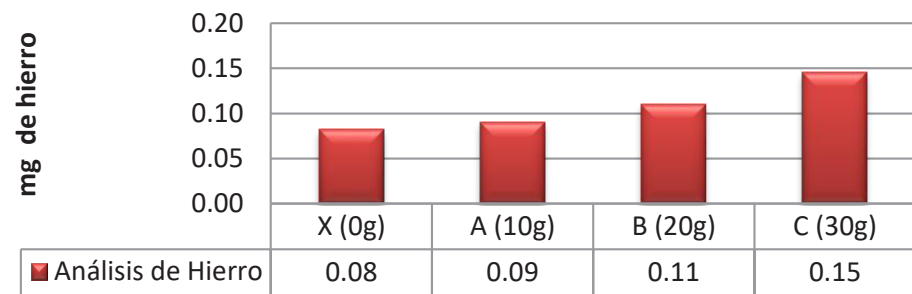


Figura 8. Análisis de Hierro en las horchatas.

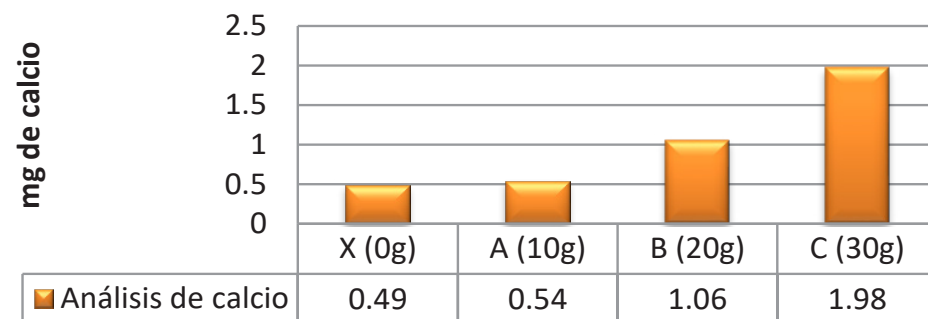


Figura 9. Análisis de calcio de las horchatas.



Figura 10. Análisis de Zinc de las horchatas.

Cuadro 2. Costos de elaboración de 1 lb de horchata sin y enriquecida con 10g, 20g y 30g de moringa.

Dosis de 0g de moringa				Dosis de 10g de moringa			Dosis de 20g de moringa			Dosis de 30g de moringa		
Concepto	Cantidad	Precio unitario (\$US)	Total (\$US)	Cantidad	Precio unitario (\$US)	Total (\$US)	Cantidad	Precio unitario (\$US)	Total (\$US)	Cantidad	Precio unitario (\$US)	Total (\$US)
Molido o pulverizado	1 vez	\$ 0.50	\$ 0.50	1 vez	\$ 0.50	\$ 0.50	1 vez	\$ 0.50	\$ 0.50	1 vez	\$ 0.50	\$ 0.50
Gas	2 libras de gas	\$ 0.47	\$ 0.95	2 libras de gas	\$ 0.47	\$ 0.95	2 libras de gas	\$ 0.47	\$ 0.95	2 libras de gas	\$ 0.47	\$ 0.95
Arroz	0.15lb	\$ 0.46	\$ 0.07	0.15lb	\$ 0.46	\$ 0.07	0.15lb	\$ 0.46	\$ 0.07	0.15lb	\$ 0.46	\$ 0.07
Ajonjolí	0.02lb	\$ 0.30	\$ 0.01	0.02lb	\$ 0.30	\$ 0.01	0.02lb	\$ 0.30	\$ 0.01	0.02lb	\$ 0.30	\$ 0.01
Maní	0.01lb	\$ 0.50	\$ 0.01	0.01lb	\$ 0.50	\$ 0.01	0.01lb	\$ 0.50	\$ 0.01	0.01lb	\$ 0.50	\$ 0.01
Morro	0.40lb	\$ 0.50	\$ 0.20	0.40lb	\$ 0.50	\$ 0.20	0.40lb	\$ 0.50	\$ 0.20	0.40lb	\$ 0.50	\$ 0.20
Azúcar	0.42lb	\$ 0.45	\$ 0.19	0.42lb	\$ 0.45	\$ 0.19	0.42lb	\$ 0.45	\$ 0.19	0.42lb	\$ 0.45	\$ 0.19
Moringa	0g			10g	\$ 0.02	\$ 0.20	20g	\$ 0.02	\$ 0.40	30g	\$ 0.02	\$ 0.66
Total (\$US)			\$ 1.93			\$ 2.13			\$ 2.33			\$ 2.59

Conclusiones

Estadísticamente los niños de 7 y 8 años de edad tuvieron una mejor percepción de las variables color, olor sabor y textura, siendo de 4 a 4.5 (me gusta), de las horchata sin y enriquecida con las diferentes dosis de moringa (10g, 20g y 30g).

La horchata de morro enriquecida con moringa presentó mayor cantidad de proteína que cuando ésta no se agregó con un aumento de 1.08% aproximadamente entre dosis, también se obtuvieron porcentajes de grasa aceptables, ya que no sobrepasan los niveles permitidos según datos de la OMS (2018). El aporte de fibra aumenta también desde 52.59% en la horchata de morro sin moringa a 53.69% con 30g de moringa por libra, asimismo sucede con el porcentaje de calcio el cual aumenta de 0.49 a 1.98 y el hierro aumentando de 0.08mg a 0.15mg.

A pesar que el costo de elaboración de la horchata en polvo enriquecida con 30g de moringa, supera el de una horchata comercial, los beneficios nutricionales que la horchata en estudio presenta, son mayores. Asimismo el costo es similar al de una bebida carbonatada que no posee beneficios para la salud.

Recomendaciones

Promover en las escuelas públicas y privadas el consumo de horchata enriquecida con moringa especialmente en niños y niñas de 7, 8, 11, 12 años edad, en sustitución de bebidas carbonatadas y otras dañinas a la salud, por tener una buena e igual aceptación, ser fácil de preparar y por ser una bebida nutritiva.

Evaluar empaques para la conservación y comercialización de la horchata enriquecida, con el fin de conservar las características físicas, químicas y organolépticas de dicho producto.

Realizar un estudio de aceptación de la horchata enriquecida con moringa en estudiantes de bachillerato, universidades y en adultos en general.

Por su nivel de aceptación en cuanto al olor, color, sabor y textura, se recomienda cualquiera de los tratamientos estudiados con adición de moringa, 10 g, 20 g y 30 g por libra de horchata por haber tenido la misma preferencia, pero especialmente el de 30 g, por ser el que más aporte nutricional aporta.

Bibliografía

- AOAC (Official Methods of Analysis). 1980. Methods of analysis. (en línea). Consultado el 26 de agosto 2016. Disponible en: <https://archive.org/stream/gov.law.aoac.methods.1980/aoac.methods.1980#page/n1/mode/2up>
- Arias Alvares, B. 2010. Semiótica del olor. (en línea). Tesis Lcdo. Mexico, UNAM. Consultado 13 oct. 2018. Disponible en http://132.248.9.195/ptb2011/enero/0665892/0665892_A1.pdf
- Chacón, A. (2011). Percepción de alimentos en el primer lustro de vida: Aspectos innatos, causalidad y modificaciones derivadas de la experiencia alimentaria. Costa Rica. (en línea). Revista actualidades investigativas en educación. 35(2). Consultado 13 oct. 2018. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/download/10215/18078>
- Correa, V; Estupiñan, L; García, Z; Jiménez, O; Prada, LF; Rojas, A; Rojas, S; Cristancho, E. 2007. Percepción visual del rango de color: Diferencias entre género y edad. (en línea). Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Consultado 13 oct. 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/910/91015102/>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2014. Necesidades nutricionales. (en línea). Consultado el 07 de diciembre de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2018 Composición de la leche, Portal lácteo. Consultado el 10 de jul. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/>
- Lowell, J. 1999. The Miracle Tree Moringa oleifera Natural Nutrition for the tropics. Regional Representative. Senegal: Church World Service. Dakar. 70 p.
- OMS (Organización mundial de la salud). 2018. Alimentación sana. (en línea). Consultado 10 de jul. 2018. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Ramírez Martínez, A M; Vásquez Quintanilla D R. 2014. Elaboración de bebida refrescante y nutritiva a base de Stevia (*Stevia rebaudiana*) y Moringa (*Moringa oleifera*) como una alternativa para la agroindustria de El Salvador. (en línea). Tesis Ing. Agro. La libertad, El Salvador. UJMD. Consultado 21 de ago. 2016. Disponible en: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/ALI/0001972-ADTESRE.pdf>

Relación entre el resultado de la prueba de California para mastitis y las características físico- químicas y microbiológicas de la leche en seis ganaderías lecheras en Sonsonate, El Salvador

Fuentes Cabrera, FZ

Estudiante tesista

Departamento de Zootecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: fatimafuentes13@gmail.com

Mancía Aguilar, BE

Estudiante tesista

Departamento de Zootecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: esmeraldamancia@hotmail.com

Portillo Henríquez, BC

Estudiante tesista

Departamento de Zootecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: cecyph@hotmail.com.

Torres de Ortiz BE

Docente Director

Departamento de Zootecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: eugeniatorre@gmail.com

Corea Guillén EE

Docente Director

Departamento de Zootecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: elmercorea@hotmail.com

Resumen

El estudio se realizó de octubre a abril de 2015 en seis ganaderías lecheras, con ordeño mecánico, en los municipios de Caluco y Sonsonate, departamento de Sonsonate, El Salvador. Para la investigación, se realizaron en todas las vacas de cada una de las seis ganaderías, dos pruebas de californias para mastitis (CMT) separadas por dos meses, categorizándolas como negativo, subclínico y positivo. Por cada categoría se tomaron tres muestras de leche del medidor de la ordeñadora más una muestra del tanque de enfriado durante los muestreos. Las muestras fueron tomadas en frascos estériles y transportados a 4 °C al laboratorio para su análisis dentro de las siguientes 24 horas.

Las muestras de leche fueron analizadas para los parámetros nutricionales: proteína, grasa, lactosa y sólidos no grasos, realizadas con el analizador Lactostar® Gerber; parámetros físico densidad, pH y acidez titulable; también los parámetros microbiológicos: células somáticas con un aparato DCC DeLaval®, recuento en placa de unidades formadoras de colonias (UFC) para bacterias aerobias mesófilas y coliformes totales, prueba de reductasa, prueba de antibióticos, y se estimó la prevalencia de mastitis por ganadería. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa INFOSTAT, con el método no paramétrico denominado Kruskal Wallis, confrontando parámetros físico-químicos y microbiológicos contra la categorización del CMT. Las diferencias se consideraron significativas a una probabilidad menor al 5% ($P < 0.05$).

La composición nutricional para leches de vacas con resultados CMT negativas, subclínicas y positivas fueron 3.28, 3.15 y 3.09% para proteína; 3.77, 3.76 y 3.56 % para grasa, 4.98, 4.81 y 4.72% para lactosa y 8.95, 8.72 y 8.67 para sólidos no grasos, respectivamente.

No se encontraron diferencias significativas por efecto de las categorías de CMT en estos parámetros, sin embargo se observó una disminución en el contenido de los nutrientes en la medida en que hay más reacción a CMT.

En el análisis físico, la densidad y acidez titulable fueron similares entre las categorías de CMT, mientras que en el pH aumentó significativamente tendiendo a ser más básico con el aumento de la reacción a CMT en negativas (6.72), subclínicas (6.78) y positivas (6.86), respectivamente.

En los recuentos bacterianos se tuvo gran variabilidad entre muestras de la misma categoría de CMT. Se observó recuentos más altos de bacterias aerobias mesófilas totales en vacas con reacción a CMT, positivas (594,583 ufc/ml), subclínicas (311,333 ufc/ml) y negativas (250,194 ufc/ml), pero las diferencias no fueron significativas. De igual forma en coliformes totales las positivas a CMT tuvieron recuentos más altos (179,000 ufc/ml) que las subclínicas (21,792 ufc/ml) y las negativas (22,806 ufc/ml) y tampoco las diferencias fueron significativas.

El recuento de células somáticas aumentó con respecto al grado de CMT que fue mayor en vacas positivas (1,720,194 CS/ml) que en subclínicas (673,333 CS/ml) y negativas (137,028 CS/ml).

Se concluyó que el grado de mastitis afectó negativamente la calidad de la leche, ya que en la mayoría de los casos la reacción positiva disminuyó la concentración de nutrientes, aumentó el recuento de bacterias aerobias mesófilas, además aumentó el pH y el recuento de células somáticas de manera significativa.

Palabras clave: Calidad de leche, mastitis, microbiología de la leche, nutrientes de la leche.

Abstract

The study was conducted in the period from October to April 2015, on six dairy farms with milking, in the municipalities of Caluco and Sonsonate, Sonsonate, El Salvador.

For research, were conducted in each of the farms, California two tests for mastitis (CMT) separated by two months, on all cows, categorizing them as negative and positive subclinical, each category three samples of milk taken meter milking more sample tank cooled during sampling. The samples were taken in sterile jars and transported at 4 ° C to the laboratory in the Faculty of Agricultural Science for analysis within 24 hours.

Milk samples were analyzed for nutritional parameters: protein, fat, lactose and solids non-fat, made with the analyzer Lactostar® Gerber; physical parameters density, pH and titratable acidity; and microbiological parameters: somatic cells with DCC DeLaval® apparatus, plate count of colony forming units (CFU) for aerobic mesophilic bacteria and total coliforms test reductase test antibiotics and prevalence of mastitis by livestock.

Statistical analysis was performed using the program INFOSTAT with the nonparametric method called Kruskal Wallis, comparing physical, chemical and microbiological parameters against the categorization of CMT. Differences were considered significant at a probability of less than 5% ($P < 0.05$).

The nutritional compositions milks cows with negative results, subclinical and positive CMT were 3.28, 3.15 and 3.09% for protein; 3.77, 3.76 and 3.56% for fat, 4.98, 4.81 and 4.72% for lactose and 8.95, 8.72 and 8.67 respectively for non-fat solids.

No significant differences due CMT categories in these parameters were found, however a slight decrease was observed in the content of nutrients to the extent that more reaction CMT.

In physical analyzes, density and acidity were similar between categories of CMT, while the pH increased significantly tending to be basic with increasing negative reaction to CMT (6.72), subclinical (6.78) and positive (6.86) respectively.

In bacterial counts great variability among samples of the same category was CMT. highest total counts of aerobic mesophilic bacteria in cows with a CMT reaction, positive (594.583 cfu / ml), subclinical (311.333 cfu / ml) and negative (250,194 cfu / ml) was observed, but the differences were not significant; similarly in total coliform-positive CMT had higher counts (179,000 cfu / ml) that subclinical (21.792 cfu / ml) and negative (22.806 cfu / ml) and the differences were not significant.

The somatic cell count increased from the positive was higher in cows (1,720,194 CS / ml) CMT degree in subclinical (673.333 CS / ml) and negative (137.028 CS / ml).

It was concluded that the degree of mastitis negatively affected the quality of milk since in most cases the positive reaction decreased nutrient concentration, increased the count of aerobic mesophilic bacteria also increased the pH and the somatic cell count of significantly.

Key Words: Milk quality, mastitis, milk microbiology, nutritional milk.

Introducción

Actualmente en El Salvador las ganaderías lecheras se enfrentan a nuevos retos, debido a las exigencias de generaciones más informadas en cuanto a la calidad de leche y sus derivados, así, como la competencia de productos lácteos que se importan, cuyos estándares se regulan con normas internacionales que toman en cuenta valores físico-químicos y microbiológicos.

El surgimiento del sector lácteo en El Salvador data desde la época colonial originándose principalmente por empresas artesanales, con el tiempo el sector ha evolucionado y se ha convertido en un proceso más complejo cuya meta es comercializar los productos transformándose en empresas de mayor tamaño que utilizan técnicas adecuadas para mejorar la calidad y la producción de los lácteos. La producción de leche en el periodo 1990 a 2001 aumentó en aproximadamente un 18%, eso quiere decir que hubo crecimiento en la productividad por vaca en país que puede ser atribuida a un cambio de sistemas de producción hacia ganadería especializada de leche (UCA 2001).

Si bien la producción de leche a partir del 2001 hasta el 2012 ha tenido altos y bajos, es de mucha importancia mencionar que siempre ha sido más a la tendencia del alza teniendo a finales del año 2012 una producción total de 508,780 litros (MAG 2011).

La calidad integral de leche adquiere una gran importancia, no solamente desde el punto de vista de la salud pública, sino también del industrial, estando relacionada a la composición general, mineral, sabor, aroma, a la presencia de contaminantes, a sus propiedades, etc., y obviamente necesita de todos los sectores involucrados en la producción primaria, conservación, transporte y almacenamiento (Sbodio *et al.* 1988). Otro aspecto que evalúa la calidad de la leche cruda hace referencia al recuento de bacterias aerobias mesófilas; valores menores de 300,000 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por mililitro, es el indicador de la calidad higiénica según lo establecido para El Salvador por la normativa NSO 67.01.01:06 (CONACYT 2006)

La mastitis bovina es muy persistente en el ganado lechero usualmente es tratada o prevenida con antibióticos intramamarios; representando una carga económica muy alta a los productores de leche en todo el mundo. Las pérdidas mundiales, anuales debido a la mastitis, se han estimado en 35 billones de dólares americanos (Wellenberg *et al.* 2002).

Se considera que esta enfermedad representa el 70% de los gastos totales para los ganaderos lecheros (Dos Santos *et al.* 2002).

La prueba para California mastitis (CMT, por sus siglas en inglés) ha sido empleada durante décadas y sigue siendo la prueba más utilizada a nivel de campo para el diagnóstico de mastitis en el ganado lechero (Radostits *et al.* 2002). Es una prueba sencilla que no proporciona un resultado numérico, sino más bien una indicación de si el recuento es bajo o elevado (Bedolla 2008).

La prueba de RCS (Recuento de células somáticas) es una buena herramienta con la que se cuenta al momento de realizar el diagnóstico de la mastitis y hace referencia al número de células somáticas contenidas en la leche, las cuales están formadas por células epiteliales de descamación natural del interior de la ubre, y por leucocitos o glóbulos blancos (98%) que proceden de la sangre y linfa (Sears *et al.* 1993).

La mastitis es un proceso inflamatorio de la glándula mamaria considerada como una enfermedad altamente prevaeciente en el ganado lechero, y es una de las más importantes que afecta mundialmente la industria lechera; pues ocasiona pérdidas económicas muy fuertes a todos los productores de leche en el mundo debido a la disminución de la calidad y cantidad de leche producida (Cerón *et al.* 2002)

El objetivo de este trabajo fue evaluar la relación entre el resultado de la prueba CMT y los parámetros nutricionales, físicos y microbiológicos de la leche. De esta manera las ganaderías tendrán en cuenta la importancia que posee mantener a su hato libre de mastitis, lo que permitiría brindar leche de mejor calidad a la población salvadoreña, y conformar empresas de competitividad a nivel internacional.

Materiales y métodos

Ubicación y ganaderías utilizadas en el estudio

El estudio se realizó en la zona occidental de El Salvador, en el departamento de Sonsonate durante los meses de octubre a abril 2015. Las ganaderías incluidas en el estudio se ubican entre los 70 y los 425 msnm en los municipios de Sonsonate y Caluco (ZONU 2003).

Metodología de campo

Se escogieron seis ganaderías con ordeño mecánico para el estudio, a las cuales se les realizó dos pruebas de California para Mastitis (CMT) a todas las vacas separadas por un mes, registrando los resultados de cada cuarto y cada animal individual como positivo, subclínica y negativo de acuerdo a la descripción elaborada por García (2004).

Se realizó un muestreo de leche a no más de tres días de realizada cada prueba CMT. Se tomó del medidor nueve muestras de vacas individuales (Fig 1.), con tres resultados positivos, tres con resultados subclínicos y tres con resultados negativos a CMT; además se obtuvo una muestra directamente del tanque de enfriamiento al final del ordeño para tener un resultado homogéneo (Fig 2.).

Las muestras se recolectaron a la hora del ordeño de la tarde, entre las 4:00 y 7:00 pm. Se tomaron en frascos de vidrio estériles de 250 ml, siguiendo el procedimiento descrito en el Capítulo 33 de los métodos oficiales para el análisis (AOAC, 2000).

Una vez recolectadas las muestras fueron identificadas con nombre y número de registro, se ubicaron en cajas térmicas manteniendo una temperatura promedio de 4°C, evitando que estas se congelaran. Se transportaron de inmediato hacia la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para realizar los análisis respectivos.

Análisis químico de la leche

Determinación de nutrientes de la leche. El contenido de nutrientes en cada una de las muestras fue determinado por medio de un analizador de leche Lactostar Funke, Gerber® Alemania, obteniendo datos de lactosa, grasa, proteína y sólidos no grasos, todos en porcentaje (Fig 3.).

Análisis físico de la leche

Densidad. Estos datos se midieron al igual que los parámetros anteriores por medio del lactostar (Lactostar, Funke Gerber® 2008).



Figura 1. Toma de muestra.



Figura 2. Toma de muestra del tanque de enfriamiento.

pH. La medición del pH se hizo por medio de un pH-metro marca InoLab.

El pH-metro es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución (Fig 4.). Es adecuado para el uso en leche y fue calibrado con solución buffer para obtener datos más acertados (Gaviria 1980).

Acidez Titulable. La determinación de la acidez en leche se basó en la titulación de una muestra de leche con una solución 0.1 N de hidróxido de sodio (NaOH) en la cual cada mililitro neutraliza un mililitro de ácido láctico (Fig 5.) (Manual de química, UES 2008).



Figura 3. Equipo para determinación físico química de lácteos. a) Equipo Lactostar; b) Procesado de muestras.

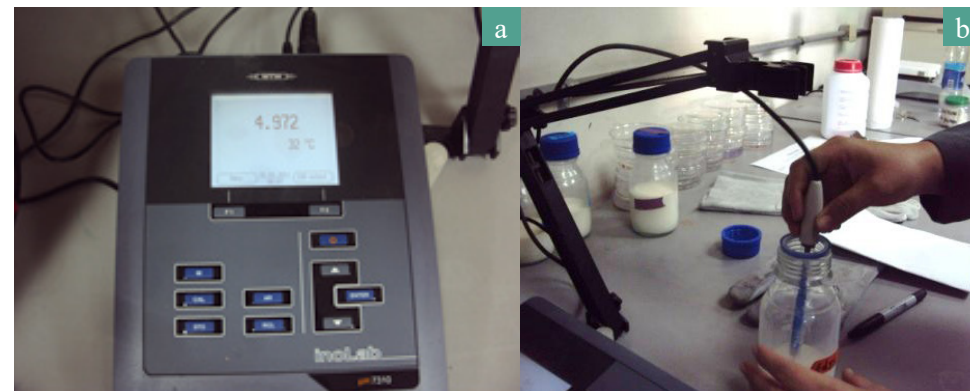


Figura 4. a) pH-Metro marca InoLab; b) Medición de pH.



Figura 5. Medición de acidez. a) Medición de acidez; b) Materiales para realizar la prueba.

Análisis microbiológico

Bacterias aerobias mesófilas y Coliformes Totales. Se realizaron diluciones en una cámara de flujo laminar (Fig 6.), siguiendo el proceso descrito por el BAM (2001). Se prepararon diluciones decimales de 10^{-2} , 10^{-3} , etc. a partir del homogeneizado de la muestra o de muestra líquida directa. Para ello se transfirió un mililitro de muestra de leche a un tubo con nueve mililitros de diluyente. Se agitó y se procedió de igual forma para las diluciones siguientes (Fig.7).

La preparación de medios de cultivo se realizó con Agar Plate Count utilizado para recuento de bacterias aerobias mesófilas y con el Agar VRB utilizado para coliformes totales (Fig. 8).

Para la siembra y la inoculación de las diluciones se utilizaron cajas Petri de vidrio. Se inoculó un mililitro de la dilución correspondiente a 1:1000 y 1:10,000 (Fig. 9). La dilución y siembra se llevaron a cabo en una cámara de flujo laminar marca Safe Classic. Las condiciones de incubación de las bacterias fueron a una temperatura de 35 °C, durante un periodo de 24 horas (Swanson *et al.* 2001). La lectura se realizó 24 horas después de la siembra, el conteo fue realizado utilizando un contador de colonias para facilitar y agilizar el proceso (Fig. 10).

Prueba de reductasa

La carga o contenido microbiano de la leche se evaluó mediante la prueba de la reductasa con el método de reducción de azul de metileno (Fig. 11). Se realizaron las lecturas cada 30 minutos para observar la decoloración de la leche e interpretar resultados (CONACYT 2006) Cuadro 1.



Figura 6. Determinación Bacterias Aerobias Mesófilas y Coliformes. a) Cámara de flujo laminar del laboratorio; b) Materiales en autoclave.



Figura 7. Preparación de diluciones de las muestras de leche.



Figura 8. Preparación de medios de cultivo. a) Plate count; b) Bilis rojo violeta.



Figura 9. Siembra en caja Petri. a) Rotulación de cajas Petri; b) Colocación de la dilución.



Figura 10. Conteo de colonias en caja Petri.



Figura 11. Prueba de reductasa. a) Baño María a 37°C; b) Verificación de cambio de color

Cuadro 1. Relación entre el número de bacterias y reacción a reductasa en la leche.

Calidad de la leche	Tiempo de coloración
Grado A	6 horas o más
Grado B	4 horas y menos de 6 horas
Grado C	Menos de 4 horas

Fuente: CONACYT 2006

Conteo de células somáticas

Los resultados de las muestras se expresaron en células por mililitro de leche, para la cual se hizo una conversión multiplicando por 1,000 la cantidad dada por el equipo DeLaval, ya que este expresa las cantidades de células por microlitros (μ) en el visor exactamente 45 segundos después de haber insertado el cassette (DeLaval 2005) (Fig 12.).

Determinación de antibiótico en leche

El procedimiento se realizó con el Kit para detección de Antibiótico de la marca Delvotest SpNt. Un color amarillo indicó ausencia de sustancias antibacterianas. Un color amarillo-púrpura indicó la presencia de sustancias antibacterianas cerca del límite de detección del test (Delvotest SP NT, 2011) (Fig. 13).

Metodología estadística

Las variables fueron analizadas a través de métodos de estadística descriptiva según el tipo de resultados de prueba CMT para los parámetros analizados presentados como promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (DE).

Variables independientes

Resultados del test california mastitis. Las vacas individuales fueron clasificadas en tres grupos, según su resultado a CMT como positivas, subclínicas y negativas.

Variables dependientes

Las variables respuesta se clasificaron en grupos.

Composición nutricional. Proteína %, Grasa %, Lactosa %, Sólidos no grasos %.



Figura 12. Conteo de células somáticas.

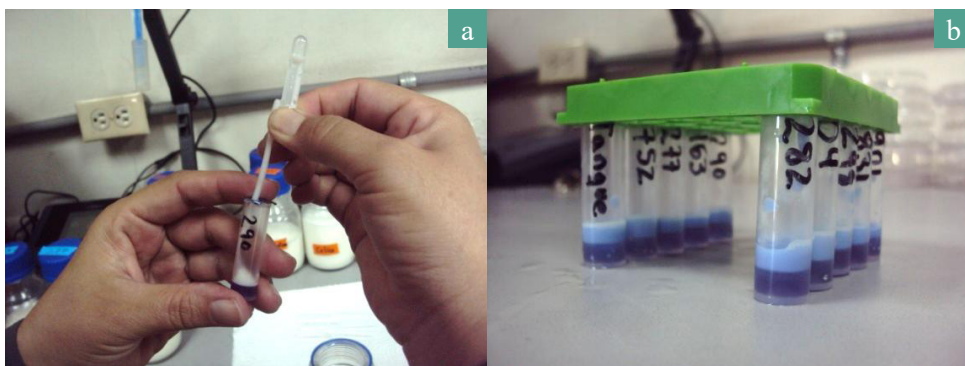


Figura 13. Determinación de antibiótico. a) Colocación de muestra. b) Resultado de la prueba.

Parámetros físicos. Densidad (g/cm³), pH y Acidez titulable.

Parámetros microbiológicos. Recuento de bacterias aerobias mesófilas (ufc/ml), coliformes totales (ufc/ml), recuento de células somáticas (células/ml), presencia de antibiótico y prueba de reductasa (horas).

Los datos obtenidos de las muestras de vacas individuales fueron analizados por medio de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2008, el cual es un software para análisis estadístico de aplicación general.

Los datos obtenidos de las muestras de tanque no se analizaron con el método anterior, estas únicamente se analizaron realizando una comparación con las normas de leche cruda establecidas por la Norma Salvadoreña NSO 67.01.01:06 (CONACYT 2006).

Resultados y discusión

Análisis Nutricional de Leche Cruda

Proteína

Los contenidos de proteína en leche de vacas con resultados negativos, subclínicas y positivas al CMT de las seis ganaderías en estudio que se presentan en el Cuadro 2. Los valores promedio de proteína variaron desde 3.09 a 3.28 % y tienden a disminuir con la reacción a CMT, sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ($P= 0.22$).

Cuadro 2. Contenido de proteína en leche (%), de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis, en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Tipo de mastitis	Ganaderías						Promedio	DE
	1	2	3	4	5	6		
Negativas	3.27	3.48	3.14	3.26	2.95	3.40	3.28	0.36
Subclínicas	3.11	3.37	3.12	3.12	3.03	3.19	3.15	0.28
Positivas	3.29	3.31	3.11	2.70	2.75	3.26	3.09	0.52

La proteína es un nutriente que no presenta grandes variaciones en la leche, algunos estudios reportaron relación entre CMT y la proteína mientras que otros no. Guerra (1999), no observó relación entre la concentración de proteína total y clasificación de CMT, lo cual fue atribuido a la disminución de la caseína y aumento de las proteínas séricas en la leche (inmunoglobulina y seroalbúmina). Por otra parte, Barria y Jara (1998), analizaron el efecto del CMT subclínica sobre la producción de proteína, encontrando una disminución del 0.016-0.014 Kg en la producción diaria de dicho componente, respectivamente por un aumento de células somáticas.

Se considera que la concentración de caseína disminuye durante la mastitis lo cual es en gran parte debido a su degradación post-secretoria por las proteasas procedentes de organismos que causan mastitis, leucocitos o la sangre y en parte a una reducción en la síntesis y secreción de caseína como consecuencia del daño físico en las células epiteliales mamarias por las toxinas microbianas (Auld *et al.* 1998).

Grasa

Los porcentajes de grasa obtenidos en el estudio se presentan en el Cuadro 3, los datos muestran una aparente disminución de la grasa cuando se presenta un grado mayor de mastitis, ya que las vacas negativas y subclínicas tuvieron 3.77 y 3.76% respectivamente, mientras que las positivas tuvieron 3.56%, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P=0.34$).

Cuadro 3. Contenido de grasa en leche (%) de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis, en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganaderías								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	3.82	3.60	3.96	4.05	3.35	3.70	3.77	0.53
Subclínicas	3.69	3.84	3.82	3.69	3.70	3.84	3.76	0.69
Positivas	3.57	3.64	3.87	2.84	3.78	3.76	3.56	0.85

Según Bruckmaier y Bum (2004) una reducción en la síntesis de lactosa y en el volumen de leche conlleva a una síntesis de grasa deprimida ligeramente, o que la reducción sólo se debe a un menor volumen de leche. La aparente disminución de grasa en las muestras de leche en la investigación puede explicarse considerando que ha sido propuesto que la mastitis afecta la calidad de la leche debido al incremento de enzimas proteolíticas y lipolíticas de origen sanguíneo y bacteriano que tienen la capacidad de descomponer la grasa, razón que conlleva a encontrar menor cantidad de grasa en leches mastíticas (Schalm 1997).

Lactosa

El resultado del análisis de lactosa realizado a leches crudas en las ganaderías, clasificadas según la prueba de California para mastitis, se presenta en el Cuadro 4. Se observa valores más pequeños en la medida que hay mayor reacción a CMT, ya que para las vacas con CMT negativo se obtuvo un 4.98%, las de resultados subclínico un 4.81% y las de resultados positivos a mastitis un 4.72%, sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ($P=0.38$). Se encontraron valores de lactosa que variaron de 3,7% a 5,26%.

Cuadro 4. Contenido de lactosa en leche (%) de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis, en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganadería								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	5.12	4.71	5.07	5.26	4.67	5.07	4.98	0.59
Subclínicas	4.65	4.57	5.06	5.09	3.70	4.74	4.81	0.44
Positivas	4.62	4.68	5.03	4.63	4.60	4.72	4.72	0.65

El componente químico que proporciona el sabor a la leche es la lactosa (Francis 2005), este puede verse alterado en procesos de mastitis, patología que provoca una disminución en la concentración de lactosa en leche, lo cual se debe al daño a las células epiteliales alveolares (Auld *et al.* 1998).

Smith (2013), encontró que, aunque los niveles de lactosa varían poco entre razas, cuando hay mastitis el porcentaje de la lactosa en leche disminuye. Este resultado está en concordancia con los hallazgos en este estudio en dónde mostramos un decrecimiento en la lactosa por efecto de mastitis que no fue significativo por variación alta en los datos.

Sólidos no grasos

Los valores obtenidos para sólidos no grasos en leche de vacas, clasificadas según CMT presentan un decrecimiento en relación al aumento en la reacción a CMT, el porcentaje en las vacas con CMT positivo fue de 8.67%, en subclínicas 8.72% y en negativas de 8.95% (Cuadro 5). Las diferencias obtenidas dentro del estudio en sólidos no grasos fueron no significativas ($P=0.41$).

Cuadro 5. Concentraciones de sólidos no grasos en leche (%) de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis, en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganadería								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	8.80	9.08	9.57	8.56	8.04	9.62	8.95	0.86
Subclínicas	8.02	8.78	9.59	8.56	8.27	9.09	8.72	0.84
Positivas	8.44	8.96	9.54	7.87	7.98	9.08	8.67	1.25

De acuerdo a Álvarez *et al.* (2012), el porcentaje de los sólidos no grasos disminuye en vacas que poseen CMT clínico ya que esta enfermedad produce una disminución tanto en la proteína como en la lactosa, ambas incluidas dentro de los sólidos no grasos. En ese sentido, Barbosa *et al.* (2013) determinaron que altos recuentos de células somáticas se asociaron con reducción de los sólidos no grasos y Bachman (1994) en la que se observa cambio en leches entre vacas con CMT negativo y subclínico teniendo que se produce una reducción en los sólidos no grasos de la leche.

Análisis nutricional de tanques en leche cruda

En el Cuadro 6, se presentan los componentes nutricionales de los tanques de leche cruda, observando ciertas variaciones en la cantidad de dichos componentes, de manera que, por ejemplo, la ganadería 6 es la que presentó mayor proteína con 3.35%, la ganadería 4 es la que más tuvo mayor concentración de grasa con un valor de 4.15%, la ganadería 3 presentó el mayor contenido de lactosa con un 4.99% y en sólidos grasos con 9.44%.

Se observó que la concentración promedio de proteína en leche en tanque en las seis ganaderías fue de 3.16%, con algunas variaciones entre ellas. Las ganaderías 1, 2, y 6 presentaron la cantidad mínima de proteína cruda que, según la Norma Salvadoreña NSO 67.01.01:06 para leche cruda (CONACYT 2006) es de 3.2% mientras que las ganaderías 3, 4, y 5 presenta valores menores a los que dictamina la Norma.

Debido a que la Norma Salvadoreña no proporciona regulación en componentes como la grasa y la lactosa, éstas se analizan con la Norma Mexicana (COFOCALEC-2004) y costarricense. Según la Norma Mexicana NMX-FX-700 para leche cruda entera la cantidad de grasa requerida es mayor o igual a 3.5%. En el estudio se observó que en todas las ganaderías el porcentaje de grasa es mayor a 3.5% con lo que se puede establecer que las leches cumplen con la norma mexicana. Con respecto a la lactosa, según la Norma Mexicana NMX-FX-700 la concentración en leche debe ser mayor a 4.9%, entre las ganaderías en estudio, solo la ganadería 1 y 2 cumplen con lo establecido. La Norma de Costa Rica RTCR: 395-2006 (La Gaceta Para el Uso de Términos Lecheros 2006) reglamenta que los sólidos no grasos deben poseer un porcentaje de 8%. En el estudio realizado se verifica que en las ganaderías se cumple con este nivel de sólidos no grasos.

Cuadro 6. Composición nutricional de leche de vaca, obtenida en tanques en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Componentes	Ganadería						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
Proteína	3.29	3.34	3.07	2.98	2.92	3.35	3.16
Grasa	4.02	3.51	3.81	4.15	3.97	4.06	3.92
Lactosa	4.96	4.53	4.99	4.84	4.60	4.78	4.78
Sólido no grasos	8.55	8.70	9.44	8.24	7.98	9.16	8.68

Análisis Físico de Leche Cruda

Densidad

En el Cuadro 7 se presentan los promedios de densidad de la leche de las ganaderías consideradas en el estudio. Se encontraron densidades que tendieron a disminuir en vacas más reactivas a CMT, teniendo una densidad de 1.0268, en positivas, 1.0277 en subclínicas y en vacas negativas la densidad fue de 1.0298 (P=0.097).

Según un estudio realizado en Colombia, se relaciona la presencia de valores muy bajos de densidad a la adición de agua (Corpoica 1995). Mientras que, en México, mayores densidades se asociaron a altos porcentajes de proteína y sólidos totales (Bernal *et al.* 2007).

En un estudio realizado por Corbellini (2002), se atribuye que la disminución de la densidad de la leche con CMT subclínica y positiva puede obedecer al descenso del contenido de lactosa y sólidos no grasos en la leche, como consecuencia de la reducción de la actividad sintética del tejido alveolar. Los resultados del estudio en Sonsonate son, en gran medida coincidente con lo anterior ya que se encontró valores promedio más bajos de nutrientes y de densidades en vacas subclínicas y positivas.

Cuadro 7. Densidad en leche de vaca, con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Tipos de mastitis	Ganadería						Promedio	DE
	1	2	3	4	5	6		
Negativas	1.0305	1.0265	1.0302	1.0364	1.0266	1.0287	1.0298	0.0058
Subclínicas	1.0264	1.0253	1.0304	1.0298	1.0267	1.0273	1.0277	0.0045
Positivas	1.0242	1.0262	1.0302	1.0279	1.0256	1.0263	1.0268	0.0061

pH

En el Cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos de la medición de pH de acuerdo a la categorización por CMT. En vacas negativas el pH fue más ácido, en este estudio fue de 6.72, en vacas con mastitis subclínica fue de 6.78 y en vacas positivas fue de 6.86 siendo más neutro en estas últimas. Se encontró diferencia significativa entre las vacas con mastitis negativas y positivas ($P=0.003$), sin embargo no se encontró significancia en vacas con mastitis subclínicas y las otras dos clasificaciones.

Cuadro 8. pH en leche de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganadería								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	6.76	6.70	6.79	6.57	6.82	6.67	6.72 ^b	0.12
Subclínicas	6.80	6.62	6.86	6.71	6.85	6.82	6.78 ^{ab}	0.17
Positivas	7.01	6.81	6.86	6.68	6.91	6.81	6.86 ^a	0.20

Las leches mamáticas deben ser descartadas para su industrialización, ya que poseen una composición profundamente modificada lo que conlleva a un alargamiento en el tiempo de coagulación; las leches que presentan este problema tienen un pH elevado, con frecuencia muy próximo a 7 (Tallamy y Randolph 1970). Según Cabrera *et al.* (1987) los valores de pH para una leche normal deben oscilar entre 6.6 y 6.8, mientras que (Ponce 1988), afirma que la leche por encima 6.75 está asociado con mastitis subclínica.

En el presente estudio se observó que las leches de vacas con CMT subclínica y clínica poseen un pH mayor a 6.75, lo cual está por encima del límite sugerido por la Norma salvadoreña NSO 67.01.01:06 que establece que el pH se debe encontrar en un rango de 6.4-6.7.

Acidez titulable

La acidez titulable en grados Dórnica ($^{\circ}\text{D}$) en las leches crudas se presenta en el Cuadro 9, se observa que parece haber una tendencia a aumentar la acidez titulable con el aumento de la reacción a CMT, es así que vacas con CMT positivo presentan el valor más elevado de acidez (15°D), el grupo de subclínicas tiene una acidez de 14.23°D y vacas negativas presentaron acidez de 14.63 ($P=0.09$).

Cuadro 9. Acidez titulable en leche de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganadería								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	14.58	15.15	14.13	15.62	12.94	15.39	14.63	1.86
Subclínicas	14.13	15.17	13.98	14.57	13.83	13.68	14.23	2.15
Positivas	14.87	14.43	14.76	16.81	14.43	14.72	15.00	3.01

Valores de acidez titulable por encima de 22°D y pH inferiores a 6.5 ponen en evidencia leche en vías de alteración por acción de microorganismos, los pH superiores a 6.9 se relacionan con mayores niveles de mastitis (Negri *et al.* 2005).

Calderón *et al.* (2007) determinaron un promedio de 19°D en leche en Montería, Colombia donde el incremento en la acidez se explicó por la falta de refrigeración de la leche, almacenamiento en materiales no apropiados y a la alta temperatura ambiental en la zona, que propicia un aumento en el crecimiento bacteriano.

Según Chacón (2004) en Costa Rica, la alta acidez titulable es un indicador del detrimento bacteriológico de la leche y de un mal manejo antes de su recepción en las plantas procesadoras de leche.

Análisis físico de leche en tanques

El Cuadro 10, se presenta los resultados obtenidos del análisis realizado a las leches obtenida de los tanques lecheros de las ganaderías implicadas en la investigación. Estos análisis incluyen la densidad, el pH y la acidez.

Cuadro 10. Análisis físicos de leche de vacas en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganaderías							
Parámetros físicos	1	2	3	4	5	6	Promedio
Densidad	1.0275	1.0253	1.0300	1.0303	1.0253	1.0265	1.0275
pH	6.27	6.71	6.74	6.67	6.77	6.71	6.64
Acidez	16.06	14.73	14.28	16.06	14.59	15.45	15.19

Se midió la densidad de las leches en los tanques la cual se comparó con la NSO 67.01.01:06 que dictamina que debe poseer un rango de entre 1.028 a 1.033, las ganaderías 2, 5 y 6 se encuentran debajo de este nivel. Con respecto a la medición de pH se observó que dos de las ganaderías no cumplen con los estándares establecidos por la Norma Salvadoreña, la ganadería 1 por encontrarse debajo del rango permitido, mientras que la ganadería 5 se encuentra levemente elevada; la NSO 67.01.01:06 dictamina que el pH debe encontrarse en el rango de 6.4 a 6.7, el resto de ganaderías se encuentra en los rangos permitidos.

En acidez titulable, el rango que establece la Norma Salvadoreña NSO 67.01.01:06 es de 14 – 17 °D al realizar la comparación con los datos obtenidos se observa que las seis ganaderías cumplen lo establecido con la norma.

Análisis Microbiológico en Leche Cruda

Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas

Los recuentos de bacterias aerobias mesófilas presentaron una amplia variación entre las ganaderías y el estatus de mastitis por CMT (Cuadro 11). Se observó un incremento en los valores de recuento de bacterias aerobias mesófilas con el aumento de la reacción a CMT, encontrándose promedios de 250,194 ufc/ml en vacas negativas, 311, 333 ufc/ml las subclínicas y 594,583 ufc/ml las positivas, sin embargo, no se encontró significancia en los resultados ($P=0.122$), probablemente debido a la gran variación de las poblaciones de bacterias.

Cuadro 11. Recuento de bacterias aerobias mesófilas en leche de vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Tipo de mastitis	Ganaderías						Promedio	DE
	1	2	3	4	5	6		
Negativas	120,333	27,833	60,167	513,000	357,833	422,000	250,194	206199
Subclínica	134,000	15,167	69,667	604,000	665,167	380,000	311,333	280404
Positivas	421,667	49,000	954,833	1002,500	756,333	383,167	594,583	372719

Los datos de este estudio sugieren que existe una correspondencia entre la calificación de CMT y el número de ufc/ml de bacterias aerobias mesófilas, encontrando recuentos más altos en vacas positivas.

Según Magariños (2000), la cantidad de bacterias en el interior de la ubre de la vaca depende del nivel de higiene que se realice durante el ordeño.

Se ha descrito que la prueba CMT es una medición del grado de infección bacteriana en la ubre, ya que el reactivo CMT reacciona con el ADN (Smith, 1990) de las células blancas que salen a combatir la infección (Medina y Montaldo 2003) y que son proporcionales al grado de la infección.

Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas en Tanque

El recuento bacteriano del tanque de las ganaderías en estudio (Cuadro 12), refleja la carga bacteriana de la leche total producida a diferencia de los recuentos en vacas seleccionadas por grado de CMT, las cuales no necesariamente representan el hato. La ganadería 4 resultó en 1311,000 ufc/ml, un recuento de bacteriano muy por encima del promedio total que fue de 264,167 ufc/ml, caso contrario la ganadería 1 refleja un resultado del recuento total bacteriano disminuido siendo de solo 5,500 ufc/ml.

Cuadro 12. Recuento de bacterias aerobias mesófilas en los tanques de seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Tanque	Ganadería						Promedio	DE
	1	2	3	4	5	6		
	5,500	26,000	69,500	1311,000	80,500	92,500	264,167	513,924

Uno de los parámetros que establece la NSO 67.01.01:06 para la leche cruda en El Salvador es la cantidad de microorganismos presentes. Para la calidad A los microorganismos presentes en la leche deberán ser menores a 300,000, calidad B son entre 300,000 y 600,000 y para la calidad C son de 600,000 a menos de 900,000, sin embargo, no especifica qué clase de microorganismos. Los valores requeridos internacionalmente para países como Australia, Estados Unidos y La Unión Europea con respecto a bacterias aerobias mesófilas son de 100,000 UFC/ml (Norman 2000 y Van Schaik *et al.* 2002). De acuerdo a lo anterior, el promedio de ufc/ml encontrado en los resultados de los tanques de las ganaderías en estudio, muestran que no todas las ganaderías cumplen con los parámetros internacionales. La ganadería 4 presentó los recuentos bacterianos más altos con 1,311,000 ufc/ml, lo cual tendría importantes repercusiones en la calidad de la leche. Si se considera el promedio de las seis ganaderías en estudio, el resultado de ufc/ml de bacterias aerobias mesófilas en leche cumple los requerimientos nacionales, sin embargo, no cumple los requerimientos internacionales de los países antes mencionados.

Recuento de Bacterias Coliformes

Los datos encontrados con respecto al recuento de ufc/ml de coliformes presentan alta variación (Cuadro 13). Los recuentos de coliformes no muestran una relación directa con los agrupamientos por resultado de CMT. Las vacas con CMT negativa y subclínica tuvieron recuento de coliformes parecidos (22,806 y 21,792 ufc/ml respectivamente) mientras que las positivas tuvieron más bacterias coliformes (179,000 ufc/ml), sin embargo las diferencias no fueron significativas ($P=0.286$).

Cuadro 13. Recuento de Bacterias Coliformes en vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganadería								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	46,000	5,000	34,333	29,833	4,667	17,000	22,806	16,733
Subclínicas	14,167	1,667	8,667	90,833	3,167	12,250	21,792	34,176
Positivas	28,333	5,833	88,000	796,833	146,750	8,250	179,000	307,533

La NSO 67.01.01.06, no especifica valores normales para bacterias coliformes en la leche cruda. Los resultados presentados en el Cuadro 13, muestran que el nivel de contaminación durante el proceso de ordeño es considerablemente variable, por ejemplo, en la ganadería 4 se encontró 796,833 ufc/ml de bacterias coliformes, mientras que en la ganadería 2 los valores fueron de 5,833 ufc/ml. En un estudio realizado por Oliver *et al.* (2009) se reportó que las muestras de leche obtenidas son contaminadas por bacterias coliformes mayormente con objetos utilizados durante el ordeño o posterior a éste, en el caso de la leche cruda recién ordeñada, estos niveles de se convierten en un evaluador del grado de limpieza de las manos de los operarios, de la limpieza y de la desinfección de la piel de los pezones y pezoneras, entre otros por lo tanto son estos implementos los que se encargan de trasladar estas bacterias a la leche recién ordeñada.

Es conocido que las bacterias coliformes no son las principales causantes de mastitis. David *et al.* (1996), realizó una investigación en el cual se realizó el cultivo a 50,926 vacas con infección intramamaria de lo cuáles se obtuvo mayor prevalencia de agentes causantes de mastitis son *Staphylococcus* spp. 11.3%, *Streptococcus agalactiae* 10.1%, *Staphylococcus aureus* 9.1%, las bacterias coliformes representaron un 0.6%.

Recuento de Coliformes en Tanque

Los datos obtenidos en el recuento de coliformes totales de los tanques de las ganaderías en estudio (Cuadro 14) reflejan diferencias. La ganadería con mayor recuento fue la numero 4 con 145,500 ufc/ml, y la de menor recuento fue la numero 2, que presentó 2,250 ufc/ml.

Cuadro 14. Recuento de Coliformes en los tanques de seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganadería								
Tanque	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
	5,500	2,250	9,000	145,500	12,500	4,000	29,792	56,804

Según la norma costarricense RTCR: 395-2006 (La Gaceta Para el Uso de Términos Lecheros 2006), el límite permisible de recuento de coliformes en leche cruda es 2,000 ufc/ml. En éste estudio se contabilizan en promedio 29,792 ufc/ml bacterias coliformes, y todas las ganaderías sobrepasan este valor de referencia.

Recuento de Células Somáticas

Los valores de células somáticas resultaron ascender proporcionalmente al resultado de la prueba California para Mastitis (CMT) (Cuadro 15); Se observó un incremento significativo ($P= 0.0001$) de Células Somáticas cuando se comparó vacas negativas (137,028 CS/ml) con subclínicas (673,333 CS/ml) y positivas (1720,194 CS/ml) de manera que estas variables se relacionan positivamente.

Cuadro 15. Recuento de células somáticas en vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Ganaderías								
Tipo de mastitis	1	2	3	4	5	6	Promedio	DE
Negativas	21,167	67,000	59,833	115,833	357,833	200,500	137,028	124,515
Subclínica	708,000	710,333	493,833	507,500	665,167	955,167	673,333	168,398
Positivas	2387,167	951,167	1487,167	1834,833	756,333	2904,500	1720,194	828,892

Según Tomasinsig *et al.* (2010) el recuento de células somáticas se utiliza corrientemente como una medida de calidad de la leche cruda, altos niveles de estas células en la leche son indicativos de una leche anormal, de calidad disminuida, causada por una infección bacteriana intramamaria (mastitis). Según García (2004) el recuento de bacterias aerobias mesófilas, el recuento celular somático y la prueba CMT están estrechamente relacionados puesto que cuando las bacterias atacan las células del interior de la ubre, la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos de la sangre para neutralizar a tales bacterias invasoras, estos glóbulos blancos son en esencia lo que constituye el recuento celular somático. Si este valor resulta elevado, significará que las bacterias han invadido la ubre de la vaca. En el presente estudio, no se estableció una relación significativa entre CMT con bacterias, pero si con células somáticas.

Recuentos de Células Somáticas en Tanques

Los recuentos de células somáticas para el tanque en las ganaderías del variaron de entre los 186,500 cs/ml para más baja, y 807,500 cs/ml para la más alta, con un promedio total de 506,833 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Recuento de Células Somáticas en los tanques de seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Tanque	Ganaderías						Promedio	DE
	1	2	3	4	5	6		
	186,500	374,500	355,000	664,000	807,500	653,500	506,833	236,555

La leche naturalmente puede contener células somáticas, sin embargo, se ha reportado que un alto recuento de las mismas puede relacionarse con la presencia de microorganismos patógenos (Oliver 2009). La NSO 67.01.01.06 menciona que los niveles aceptados de células somáticas contenido en la leche cruda destinada para consumo humano deben ser 750,000 en El Salvador. Sin embargo, las normas internacionales establecen una clasificación de las leches según su contenido de células somáticas que es más exigente por ejemplo en Chile se tiene clasificación 1: <100,000 a 200,000; 2: 200,000 a 500,000, 3: 500,000 a 1,000,000 y 4: >1,000,000 (Butendieck, 1997). Si se considera la norma chilena, solamente la y leche de la ganadería 1 tiene clasificación 1, las ganaderías 2 y 3 serían clasificación 2 y las ganaderías 4, 5 y 6 serían clasificación 3.

Reacción de la prueba de Reductasa

En el Cuadro 17 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de reductasa en leche cruda. La clasificación de las categorías A, B y C corresponden a la clasificación que se encuentra en la Norma Salvadoreña para la Leche Cruda, a través de la Prueba de Reductasa (prueba de reducción de azul de metileno) es para el Grado A=6 horas o más en el cambio de viraje de color por la reacción del azul de metileno, Grado B= 4 horas y menos de 6 y para el Grado C= menos de 4 horas.

En cuanto a la cantidad de bacterias presentes según el grado del cambio de viraje de la prueba se ha estimado que es para la leche calidad A: 100,000 a 200,000 bacterias/ml; calidad B: de 200,000 a 2,000,000 bacterias/ml y para la leche calidad C: 2-10 millones de bacterias/ml (García 2004).

Cuadro 17. Reacción de la prueba reductasa en vacas con tres calificaciones a la prueba California para Mastitis en seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Calidad de leche según la prueba de reductasa

Resultado de CMT	Calidad de leche	Ganaderías						Total de muestras procesadas
		1	2	3	4	5	6	
Negativas	A	6	6	6	3	6	5	32
	B	0	0	0	2	0	1	3
	C	0	0	0	1	0	0	1
Subclínicas	A	6	6	6	2	6	6	32
	B	0	0	0	4	0	0	4
	C	0	0	0	0	0	0	0
Positivas	A	5	6	3	1	5	6	26
	B	0	0	3	2	1	0	6
	C	1	0	0	3	0	0	4
Tanque	A	2	2	2	0	2	2	10
	B	0	0	0	2	0	0	2
	C	0	0	0	0	0	0	0
Total		20	20	20	20	20	20	120

A través de la prueba de reductasa se obtuvo que la mayoría de ganaderías entregan a las plantas procesadoras leche clasificación A de acuerdo a los parámetros establecidos por la NSO 67.01.01.06, es por esta razón que se acepta como buena leche para consumo humano. Al comparar los resultados obtenidos en las otras pruebas microbiológicas realizadas con respecto a la prueba de reductasa se puede señalar que esta última no es exacta, pues refleja un rango amplio y no tan específico como las pruebas de recuentos de bacterias aerobias y coliformes o células somáticas.

Prueba de antibiótico en leche cruda

Saini (2012), realizó un estudio donde determinaron las asociaciones a nivel de hato entre uso de antimicrobianos y resistencia de *Staphylococcus aureus* aislado de muestras de leche de 89 granjas lecheras canadienses. El uso de una combinación de penicilina y novobiocina para tratamiento de vacas al secado se encontró relacionado positivamente con resistencia a ampicilina. La administración sistémica de florfenicol se encontró asociada positivamente con resistencia a ampicilina. También se observaron diferencias regionales en resistencia a antimicrobianos. Dentro del estudio se contempló la búsqueda de restos de antibióticos utilizados para combatir cualquier tipo de enfermedad infecciosa y que pudiera no ser de beneficio en el consumo de la leche en humanos, sin embargo, los resultados fueron negativos en todas las muestras, es decir no se observó cambios positivos en el viraje de la prueba realizada.

Prevalencia de Mastitis de las ganaderías en estudio

La prevalencia de las ganaderías en estudio resulta ser tan diferente entre cada ganadería pues los datos son muy variados (cuadro 18), como promedio es muy útil saber que la ganadería número 6 es la ganadería con menor índice de prevalencia de mastitis con un 5%, la siguiente es la número 1 con una prevalencia del 7%, le continúa la ganadería número 3 con un 11% de prevalencia, un 26% resulta a la ganadería número 5 y las ganaderías con mayores índices de prevalencia son con un 43% y un 47% las ganaderías 2 y 4 respectivamente. La prevalencia en promedio de las ganaderías en estudio es de un 23%, este valor nos resulta muy útil pues a partir de ello podemos determinar el estado de salud en general del hato completo, es decir los índices resultan tan elevados como variados.

Cuadro 18. Prevalencia de seis ganaderías lecheras del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Fecha de realización de prueba de mastitis	Ganadería 1	Ganadería 2	Ganadería 3	Ganadería 4	Ganadería 5	Ganadería 6	Promedio
Primera prueba CMT	7%	47%	11%	6%	29%	2%	26%
Segunda prueba CMT	6%	39%	11%	33%	23%	8%	20%
Promedio	7%	43%	11%	47%	26%	5%	23%

Conclusiones

La composición nutricional de la leche fue afectada por el grado de mastitis en las vacas en este estudio, ya que la concentración de todos los nutrientes tendió a disminuir con el aumento del grado de mastitis detectado por la prueba California para Mastitis.

El promedio de la composición nutricional de las muestras de tanque de leche cruda en las ganaderías no cumplió con la NSO 67.01.01:06 para requerimiento de proteína. Según la norma de México y Costa Rica, los promedios de leche de tanques si llena los requisitos para grasa y sólidos no grasos, no así el de para lactosa.

La densidad y la acidez titulable no mostró diferencia significativa respecto al grado de mastitis detectado con la categorización al CMT, pero si se presentó significancia estadística en los valores de pH en vacas con CMT subclínica y clínica del estudio, esto se debe a que las leches con mastitis tienden a la alcalinidad.

El promedio de los parámetros físicos medidos en leches de tanques, no cumplió con el parámetro requerido por la NSO 67.01.01:06 para la densidad, pero si obtuvo un valor aceptado para pH y densidad.

El recuento de células somáticas presentó un aumento significativo respecto a la categorización a CMT, siendo mayor a medida que aumenta el grado de mastitis, lo cual confirma el principio de reacción del CMT en donde a mayor número de células somáticas, se observa mayor solidificación del reactivo utilizado para la prueba.

El recuento de bacterias aerobias mesófilas en leche presentó variaciones de acuerdo al grado de CMT, observando un incremento en vacas que presentan reacción a dicha prueba.

Los recuentos de bacterias coliformes relacionados con la categorización a CMT presentaron diferencia no significativa, dado que el recuento de bacterias coliformes no es el mayor causante de la mastitis.

Los resultados de prevalencia de mastitis de las ganaderías en estudio durante los meses de octubre y noviembre resultan variados, esto se debe al registro que cada ganadería posee sobre sus vacas enfermas de mastitis con ayuda del CMT y al control que tienen sobre la enfermedad.

Dentro del estudio no se detectaron antibióticos en las leches muestreadas esto se explica a que las empresas procesadoras de leche realizan pruebas de antibióticos de manera rutinaria.

Bibliografía

AOAC (Association of official analytical chemists). 2000. Official methods of analysis collection of milk laboratory sample. 15 ed. Virginia, EU. p. 802.

Auldism, M; Walsh, B; Thomson, N. 1998. Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*. N° 15: 401-411.

Álvarez, F; Herrera, H; Barreras, S. 2012. Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. *Archivos Médicos Veterinarios* N°44:237-242.

Bachman, K. 1994. Managing milk composition. University of Florida. Dairy Report. EU. p 336-346.

BAM (Bacteriological Analytical Manual). 2001. Food and Drug Administration (FDA). 8 ed. EU. 25 p.

Barbosa, C; Barreiro, R; Mestieri, L. 2013. Effect of somatic cell count and mastitis pathogens on milk composition in Gyr cows. *BMC Veterinary Research* EU. N°9(67):1-7.

Barría, N; Jara, A. 1998. Efecto del recuento de células somáticas sobre la producción y los componentes lácteos en vacas lecheras. XXIII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Chillán, CL. p. 3.

Bedolla, P. 2008. Métodos de Detección de la Mastitis Bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, MX. p.10.

Bernal, M; Rojas, G; Vázquez, F. 2007. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Revista Veterinaria*. N°38(4):395-407.

Bruckmaier, R; Blum, J. 2004. Fractionized milk composition in dairy cows with subclinical mastitis. *Veterinary medicine-Czech*. N°8:283-290.

Butendieck, N. 1997. Células somáticas, mastitis y calidad de leche. En: Calidad de leche e interpretación de resultados de laboratorio. Curso – Taller. Serie Carillanca N° 62. INIA, CL. p 1-15, 31.

Cabrera, A; Alvarez J; Hedalgo, J. 1987. Microbiología de la leche. Leche y sus derivados. Manual de higiene de los alimentos. Habana, Cuba. 2 ed. Isaac. p. 89-166.

Calderón, A; Rodríguez, V; Vélez, S. 2007. Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de Montería. Tesis de licenciatura veterinaria. Córdoba, CO. p. 10-11.

Cerón, F; Duarte, J; Oliveira, J. 2002. Factors affecting somatics cell counts and their relations with milk and milk constituent yield in buffaloes. *Journal of Dairy Science*. N°85: 2870-2889.

Chacón, V. 2004. Acidez y peso específico de la leche de cabra de un grupo de capricultores de meseta central costarricense. *Agronomía Mesoamericana*. CR. p 179.

COFOCALEC (Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y sus derivados). 2004. Organismo Nacional de Normalización. Jalisco, MX. p. 75.

- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 2006. Norma Salvadoreña Obligatoria 67.01.01.06 "Leche Cruda de vaca". CONACYT. San Salvador, SV. p. 3.
- Corbellini, C. 2002. La mastitis bovina y su impacto económico sobre la calidad de leche. Medellín. COLANTA. CO. p. 251-265.
- Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 1995. Entorno socioeconómico y problemática tecnológica de la ganadería de leche especializada. Informe técnico. Bogotá, CO. p 21.
- David, J; Ruben N. Helena H. 1996. Bovine Mastitis Pathogenesis in New York and Pennsylvania: Prevalence and effect on Somatic Cell Count and Milk Effects on Somatic Cell Count and Milk Production. Quality Milk Promotion Services, Cornell University, New York. American Dairy science Association. 13: 2592-2598.
- DeLaval. 2005. Tomado del Manual de usuario del aparato DeLaval para detección de células somáticas. Madrid. ES.
- Delvotest SPNT. 2011. Tomado del Manual de usuario del aparato Delvotest para detección de antibiótico en leche. Food specialties B.V. NL.
- Dos Santos, J; Gentilini, E; Sordelli, D; de Freire Bastos, M. 2002. Phenotypic and genetic characterisation of bacteriocin-producing strains of *Staphylococcus aureus* involved in bovine mastitis. Veterinary Microbiology. N° 85: 133 -144.
- Francis, P. 2005. Introducción a la lactología. 2 ed. Limusa. Distrito Federal, Mx. p. 75.
- García, AD. 2004. Células Somáticas y Alto Recuento Bacteriano ¿Cómo Controlarlo?, Extension Extra. College of Agriculture & Biological Sciences. South Dakota State University USDA, Dairy Science Department, Septiembre. p. 2.
- García, M. 2004. Determinación de la calidad higiénica de la leche mediante la medición indirecta del tiempo de reducción del azul de metileno o prueba de la reductasa microbiana. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, ES. p. 6.
- Gaviria, B. 1980. Manual de procedimientos microbiológicos en leche. Bogotá, CO. Merck. p. 73.
- Guerra, M. 1999. Evaluación del efecto de la mastitis subclínica sobre las fracciones proteicas del suero de la leche determinadas mediante electroforesis. Tesis licenciatura en veterinaria. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. CL. 74 p.
- Lactostar Funke, Gerber. 2009. Tomado del Manual de usuario del aparato Lactostar Funke, Gerber para pruebas físico-química de productos lácteos. DE.
- La Gaceta Para el Uso de Términos Lecheros. 2006. Norma de Costa Rica. Imprenta Nacional. 20 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador). 2011. Anuario de estadísticas agropecuarias. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). p. 25.
- Magariños, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Producción y servicios incorporados S. A. Guatemala. p. 37-41.
- Manual de química. 2008. Facultad de Química Agrícola. Programa de química general. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p. 8.
- Medina, C; Montaldo, V. 2003. El uso de la prueba de conductividad eléctrica y su relación con la prueba de California para mastitis en: IV Congreso Nacional de Control de Mastitis. Aguascalientes, MX. p. 21-23.
- Negri L; Chávez M; Taverna M; Roberts L. 2005. Factores que afectan la estabilidad térmica y la prueba del alcohol en leche cruda de calidad higiénica adecuada. Informe técnico final de proyecto. AR. EEA-Rafaela INTA. p. 51-53.
- Norman, E. 2000. Consecuencia de estándares alternos para cuenta de células somáticas en tanque de leche en hatos lecheros en Estados Unidos. Hoard's Dairyman. Edición Enero 2012. p. 26.
- Oliver, S; Boor, K; Murphy, S; Murinda, S. 2009. Food Safety Hazards Associated with Consumption of Raw Milk. Foodborne Pathog Dis. Department of Animal Science, The University of Tennessee. p. 7.

- Ponce, P. 1988. Calidad de la leche y su control: una problemática nacional. ISCAH: 1-47, CU. p.5-6.
- Radostits, OM; Gay, CC; Blood, DC. 2002. Mastitis Bovina. Madrid, ES. 9 ed. Mcgraw-Hill. p. 728, 812.
- Saini, B. 2012. Asociación a nivel de hato entre uso de antibióticos y resistencia a antibióticos en cultivos de *Staphylococcus aureus* aislado en casos de mastitis en granjas lecheras canadienses. Hoard's Dairyman. Edición Mayo 2012. P. 274.
- Sbodio, O; Rozycki, V; Freyre, M. 1988. Calidad de leche: La Alimentación Latinoamericana. REDVET. N.º 171, 58-64.
- Schalm, OW. 1997. Pathologic changes in the milk and udder of cows with mastitis. Journal of the American Veterinary Medical Association. N° 170: 1137- 1140.
- Sears, PM; González, RN; Wilson, DJ; Han, HR. 1993. Procedures for mastitis diagnosis and control. Vet Clinical North America. EU. N° 9:445-468.
- Smith, BP. 1990. Large Animal Internal Medicine. St Louis Missouri, EU. The C.V. Mosby Co. p. 4-8.
- Smith, A. 2013. Efecto de la mastitis sobre la lactosa en leche. Hoard's Dairyman. N° 12: p15.
- Swanson, KM; Petran, R; Hanlin, J. 2001. Culture methods for enumeration of microorganisms: Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4 ed. Washington.EU. Downs F.P. & Ito K. p. 53-67.
- Tallamy, PT; Randolph, HE. 1970. Influence of mastitis on properties of milk: Total and free concentrations of minerals. Dairy Science. N°53:1220-1386.
- Tomasinsig, L; De Conti, G; Skerlavaj B; 2010. Broad-Spectrum Activity against Bacterial Mastitis Pathogens and Activation of Mammary epithelial Cells Support a Protective. Infection and Immunity. N°78:1781-1815.
- UCA (Universidad Centroamericana José Simeón Cañas). 2001. El sector lácteo en El Salvador. San Salvador, SV. UCA. p. 27.
- Van Schaik, G; Lotem, M; Schukken, Y. 2002. Trends in somatic cell counts, bacterial counts, and antibiotic residue violations in New York state during 1999–2000. Journal of Dairy Science. N° 27: 782-789.
- Wellenberg, G; Van der Poel, W; Van Oirschot, J. 2002. Viral infections and bovine mastitis: a review. Veterinary Microbiology. N° 231: 2-21.
- ZONU. 2003. Colección de mapas continentales y regionales de todo el mundo (en línea). ES. Consultado 17 ago. 2014. Disponible en http://www.zonu.com/mapas_el_salvador/Mapa_Departamento_Sonsonate_El_Salvador.tm

DetECCIÓN DE *Trichinella* spp. EN CERDOS FAENADOS EN EL RASTRO DE SAN SALVADOR

López Durán, KE

Estudiante tesista
Departamento de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: keuro9@gmail.com

Cortez Solís, DG

Estudiante tesista,
Departamento de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: danielsgra@gmail.com

López Salazar, CD

Docente Director
Departamento de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: david.salazar@ues.edu.sv

Romero Pérez, LE

Docente Director,
Departamento de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: luis.perez@ues.edu.sv

Meléndez Calderón, OL

Docente Director
Departamento de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: melendezmaterias@yahoo.com

Resumen

La triquinelosis es una zoonosis transmitida por el consumo de carne contaminada con el nemátodo *Trichinella* spp. y está incluida en el Código de Salud de El Salvador dentro de las zoonosis de transmisión alimenticia que requieren vigilancia epidemiológica. La investigación consistió en evidenciar la ausencia de quistes de *Trichinella* spp. en tejido muscular de cerdos faenados en el rastro de San Salvador a través de la técnica de Triquinoscopia. Se evaluaron un total de 163 muestras de tejido proveniente de los dos pilares del diafragma, durante un período de cinco semanas tomando muestras de lunes a viernes. Para examinar las muestras se trabajó con base al método establecido en el Manual Terrestre de la OIE el cual describe que debe tomarse 14 diferentes porciones de ambos pilares del diafragma de cada cerdo muestreado, totalizando 28 porciones evaluadas para cada cerdo. Los resultados fueron negativos para cada una de las 4,564 porciones evaluadas. De esta manera se confirma que la carne procedente de cerdos faenados en el rastro de San Salvador, durante el período que comprendió el estudio y está libre de alta carga de *Trichinella* spp.

Palabras clave: Triquinelosis El Salvador, Triquinoscopia, *Trichinella*, Triquinosis.

Abstract

Trichinellosis is a zoonotic disease transmitted from the consumption of pork meat infected by the nematode *Trichinella* spp. and is included into the Health Code of El Salvador within the most important food-borne diseases that require epidemiological monitoring. The purpose of this research was to evidence the absence of *Trichinella* spp. Cyst occurrence in slaughtered swines from San Salvador slaughterhouse through Trichinoscopy. A total of 163 farm swines diaphragm muscle tissue samples were evaluated within a period of five weeks taking samples every day from Monday to Friday. The method used in order to develop the research took basis on Manual of Diagnostic for Terrestrial from OIE, which describes that if both of the pillars of the diaphragm, each pillar must be divided into 14 portions for every tested swine, totalizing 28 evaluated portions for every swine. The obtained results were negative for every of the 4,564 evaluated portions. The results confirm the fact that meat arising from high technical breeding swines from San Salvador slaughterhouse is free of high *Trichinella* spp. load.

Keywords: Trichinellosis El Salvador, Trichinoscopy, *Trichinella*, Trichinosis.

Introducción

La triquinelosis es una enfermedad zoonótica de origen parasitario producida por el nemátodo *Trichinella* spp. que ocasiona pérdidas económicas dentro de las explotaciones porcinas y un riesgo en el ámbito de salud pública, al ser transmitida por el consumo de carne cruda o poco cocida, contaminada con el parásito. Esta enfermedad afecta principalmente a seres humanos, animales carnívoros y omnívoros, y dentro de los cuales se consideran como reservorios principales los cerdos y roedores (Poizio, 2007; Chávez Guajardo y Elías, 2006).

Esta parasitosis cursa con brotes esporádicos y, de acuerdo a reportes globales obtenidos de seis bases de datos internacionales, desde 1986 hasta 2009 se obtuvieron reportes de países de América Latina y Europa, en los cuales se identificaron 65,818 casos de los cuales se presentaron 42 muertes en poblaciones humanas (Murrell y Poizio, 2011).

Se contagia exclusivamente por transmisión alimentaria, y presenta un ciclo autoheteroxeno, el cual se caracteriza porque un individuo puede cumplir el papel de hospedero intermediario y hospedero definitivo (Uribarren, 2011; Riva *et al.*, s.f.).

En general, el cerdo doméstico y productos relacionados siguen siendo la fuente más importante de infestación por *Trichinella* spp. en los seres humanos, sobre todo cuando los cerdos son manejados bajo condiciones de producción de traspatio. Para prevenir la parasitosis, es necesaria la inspección de la carne de los animales destinados al consumo, las granjas deben tener sistemas de control de plagas para evitar el contacto con roedores u otros animales silvestres que pueden cumplir un papel de hospedadores paraténicos, así como también deben tener buenas prácticas de bioseguridad (Chávez Guajardo y Elías, 2006).

La triquinelosis requiere vigilancia epidemiológica al ser considerada una enfermedad cosmopolita y estar incluida dentro de las enfermedades de notificación obligatoria dentro del Código de Salud de El Salvador. En El Salvador se detectó el último brote en poblaciones humanas en 1975, posterior a lo cual no se tiene más información respecto a la patología, por lo que la finalidad de la investigación fue confirmar la ausencia de quistes de *Trichinella* spp. en cerdos faenados en el rastro de San Salvador (Marillet, 1999).

Materiales y métodos

El estudio fue de tipo descriptivo y evaluó la presencia de *Trichinella* spp. en muestras de carne de cerdo de engorde en etapa de finalización provenientes de granjas tecnificadas, obtenidas en el rastro de San Salvador, ubicado en el municipio de Soyapango, donde se sacrifican la mayor cantidad de cerdos comercializados en la zona Metropolitana.

Los muestreos fueron realizados durante cinco semanas comprendidas desde la primera semana de mayo a la primera semana de junio, realizando muestreos de lunes a viernes. Las muestras fueron separadas en bolsas individuales, debidamente numeradas en orden correlativo y refrigeradas para ser transportadas inmediatamente al laboratorio. Se obtuvieron 163 muestras provenientes de los pilares del diafragma de cerdos de engorde en etapa de finalización faenados en el rastro de San Salvador. Para evaluar las muestras se tomó como base el método establecido en el Manual Terrestre de la OIE, en el cual se determina que, al obtener ambos pilares del diafragma, se deben extraer 14 de distintas porciones de cada uno de los pilares del diafragma, por tanto, se evaluaron 28 porciones de tejido de los pilares del diafragma para cada uno de los cerdos, teniendo total de 4,564 análisis. Este factor, permitió evaluar una mayor cantidad de tejido por muestra, e incrementar la sensibilidad de la prueba y la probabilidad de identificación del parásito.

Los análisis fueron realizados en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad Nacional de El Salvador. Se importaron dos Placas Hauptner que consisten en dos placas de vidrio de aproximadamente 25 cm. de largo con un grosor de la placa inferior de seis milímetros y la placa superior de aproximadamente 4 milímetros, con dos pernos laterales que permiten la compresión entre ambas placas y una cuadrícula en la placa inferior dividida en 28 casillas para la separación de cada sub-muestras.

Los pilares del diafragma contienen la mayor concentración de larvas en infestaciones por *Trichinella* spp. por lo que fue el tejido predilecto para la obtención de muestras. Para mantener la viabilidad de las muestras, eran transportadas bajo refrigeración, inmediatamente después de su obtención para ser analizadas en el menor tiempo posible (OIE, 2012).

El procedimiento consistió en la inspección óptica de 45 g de muestra de tejido muscular procedentes de los pilares del diafragma, los cuales se cortaron en pequeños trozos siguiendo la dirección de las fibras musculares. Se realizaron 28 cortes de 2mmx10mm para cada una de las 163 muestras

y se colocaron en los espacios ya establecidos de las placas Hauptner. Tras haber montado las muestras se colocaron en el estereoscopio con proyección de 40X, recorriendo cada una de las muestras comprimidas en busca de larva Infecciosa, observando del espacio del 1 a 14 y luego de 15 a 28, se examina primero el líquido de compresión, luego la zona marginal de la muestra y finalmente el tejido muscular (OIE, 2012).

Resultados y discusión

Los 4,564 análisis desarrollados mediante la técnica de triquinoscopía, fueron negativos para todos los 163 cerdos muestreados, lo que indica que la carne procedente de los animales en estudio no presentó quistes de *Trichinella* spp.

Los cerdos faenados en este rastro provenían de granjas semitecnificadas y tecnificadas que cumplen con los requerimientos de prácticas de bioseguridad establecidas en los Acuerdos para la prevención control y erradicación para la peste porcina clásica en El Salvador.

Los brotes de triquinosis que se han manifestado y han sido diagnosticados en poblaciones humanas, han ocurrido como resultado del consumo de carne de cerdo o subproductos del mismo, criados en condiciones poco higiénicas donde, además, son alimentados con desechos que pueden provenir de otras especies que estén contaminadas con *Trichinella* spp. (Ortega-Pierres, 2000).

Además, según la investigación epidemiológica de las enfermedades transmitidas por alimentos realizadas por la Organización Panamericana de la Salud y la OMS, determina que los brotes son más frecuentes en los países en desarrollo y tiene prevalencia estacional relacionada con la faena doméstica de cerdos y la elaboración de los subproductos para el consumo familiar o la venta limitada (Ribicich, M., *et al.* 2009).

En El Salvador, el cerdo de traspatio es mayormente criado en hogares rurales y consumidos dentro de poblaciones rural y urbana. El 100% de la carne de cerdo que se vende en los supermercados proviene de granjas las cuales realizan sus faenas en rastros, así como el 90% de la carne de cerdo que se ofrece en los mercados de San Salvador y de las ciudades principales del país (ASPORC, 2010).

En muchos de los países donde se ha determinado alta presencia de *Trichinella* spp., se ha utilizado la técnica de triquinoscopía directa para su diagnóstico, de igual forma, en países en donde no existe otro tipo de técnica diagnóstica y que no poseen un alto grado de inversión destinado para tales fines, la técnica de triquinoscopía directa, representa una alternativa viable para el

diagnóstico y control de *Trichinella* spp. (Ortega-Pierres, 2000, OIE, 2012).

Conclusiones

No se identificó *Trichinella* spp. en las muestras obtenidas y analizadas por triquinoscopía.

No se puede descartar la circulación actual de triquinosis en El Salvador debido a que esta investigación únicamente es representativa de la totalidad de la carne de los cerdos faenados dentro del rastro de San Salvador, sin embargo, puede establecerse la ausencia de una elevada carga parasitaria a nivel de las muestras evaluadas.

La triquinoscopía es un método de diagnóstico para la triquinosis que resulta económica, rápida, fácil y no necesita equipo sofisticado ni personal altamente calificado, pudiendo detectar altas cargas parasitarias en carne de cerdo.

Recomendaciones

Retomar la vigilancia epidemiológica para dar cumplimiento a la normativa del Código de Salud y así prevenir el apareamiento de casos de Triquinosis en el país.

La triquinoscopía se recomienda como una alternativa para el diagnóstico de la triquinosis en El Salvador ante la ausencia de otro método diagnóstico y a la factibilidad de su aplicación en las condiciones actuales.

Complementar con otros métodos recomendados por la Organización Mundial de Sanidad Animal futuras investigaciones mediante los cuales sea posible detectar diferentes niveles de cargas parasitarias, tanto en poblaciones humanas como animales, para incrementar la sensibilidad del diagnóstico de *Trichinella* spp. en El Salvador.

Bibliografía

- Asociación Española de Médicos Internos Residentes. 2006. Triquinosis Humana. Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal) 2(4):1-9.
- ASPORC (Asociación Salvadoreña de Porcicultores. 2010 (en línea). Consultado 1 sep. 2016. Disponible <http://www.asporc.org/nosotros/rivez> Guajardo, EG.; Elías, S. 2006. Triquinosis una zoonosis vigente. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, 7(5): 1-15.
- Marillet, G. 1999. Triquinosis: una zoonosis en aumento. Buenos Aires, AR. Avances en Medicina 99. p. 63 – 71.
- Murrell, KD; Pozio, E. 2011. Worldwide Occurrence and Impact of Human Trichinellosis, 1986–2009 (en línea). Emerging Infectious Diseases 17(12). Consultado 30 sep. 2015. Disponible http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/17/12/11-0896_article
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2012. Manual Terrestre de la OIE. Capítulo 2.1.20. Triquinosis. P. 3-8.
- Ortega Pierres, MG; Arriaga, C; Yépez Mulia, L. 2000. Epidemiology of trichinellosis in México, Central And South America. Veterinary Parasitology 93: 201 – 225.
- Pozio, E. 2007. World distribution of *Trichinella* spp. infections in animals and human. ScienceDirect Veterinary Parasitology 149: 3 – 21.
- Ribicich, M. et al. 2009. Evaluation of the risk of transmission of *Trichinella* in pork production systems in Argentina. Preventive Veterinary Medicine 159. p. 350-353.
- Riva, E; Steffan, PE; Fiel, CA. s. f. Trichinellosis: Aspectos múltiples de una zoonosis global. P: 94-103
- Sánchez, S; Sánchez, L. 2006. Triquinosis: Modelo de Estudio y Técnicas de Diagnóstico Clínico. Madrid, ES. Archivos de Medicina 2.
- Schenone, H; Olea, A; Contreras, R, Sandoval, L, Pavletic, B. 2002. Situación de la Triquinosis en Chile. Revista médica de Chile 1992-2002 (en línea) 130(3). Consultado 15 sep. 2015. Disponible http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872002000300006
- Uribarren, T, B. 2011. Trichinelosis (en línea). México. Consultado 10 jun. 2015 Disponible <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/parasitologia/trichinelosis.html>

Análisis hidrológico de la cuenca del río Sensunapán, como alternativa para el fortalecimiento de la gestión de riesgos y reducción de la vulnerabilidad, en el departamento de Sonsonate, El Salvador

Ramos Peñate, JH

Estudiante Tesista

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: Heriberto.penhate@gmail.com

Villalta Rodríguez, CA

Docente Director

Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: carlos_villalta@yahoo.com

Hernández Martínez, MA

Docente Director

Escuela de Posgrados y Educación continua

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: hernandez_mhm@yahoo.com

Resumen

El presente estudio se realizó en la cuenca del río Sensunapán, ubicada en el departamento de Sonsonate; El Salvador, la fase de campo se ejecutó en noviembre del 2015 y tuvo objeto de estudio analizar el comportamiento hidrológico de la cuenca del río Sensunapán, utilizando herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG). El proceso metodológico inició con la delimitación de las microcuencas hidrográficas pertenecientes al río Sensunapán, a partir de mapas a escala 1:25,000 del Centro Nacional de Registros (CNR); determinándose además las características morfométricas correspondientes. El análisis biofísico e hidrológico de la cuenca se llevó a cabo por medio de la clasificación hidrológica propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos. Se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado para toda la cuenca y la parte alta de la misma, posterior a establecer el análisis biofísico. El tiempo de concentración se determinó por medio de la fórmula de Kirpich. Para los caudales de diseño de la cuenca, se establecieron la intensidad media de la lluvia a través del registro histórico de las estaciones hidrométricas de los municipios de Chalchuapa, Juayúa, Apaneca, Izalco y Acajutla; las cuales poseen datos de intensidad, duración y frecuencia; también se tomaron como referencia para el cálculo de los caudales, periodos de retorno de 02, 05, 10, 15 y 25 años, con una duración de 360 minutos para toda la cuenca y 150 minutos para la parte alta de la misma. La modelación hidráulica se realizó con el software HEC – RAS 4.1.0, el cual permitió calcular para las diferentes configuraciones de caudales en cada una de las secciones transversales a lo largo de los dos tramos ubicados en las comunidades Vega del Río y El Palmar; valores simulados de los niveles de agua, profundidades de flujo y velocidades, entre otras variables. La simulación se realizó considerando el “tramoalto” desde la comunidad El Palmar (Cód.: 1269.804), hasta el “tramobajo” ubicada en la comunidad Vega del Río (Cód.: 10.30199).

El régimen del flujo en la sección transversal de la comunidad El Palmar, fue de carácter sub crítico, con una tendencia creciente del número de Froude con valores de 0.32, 0.43, 0.48, 0.51 y 0.55, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15 y 25 años; indicando de esta manera que las velocidades del flujo son menores, pero su tirante es mayor; es decir, que el flujo viaja por su propio peso; sin embargo, el régimen del flujo en la sección transversal correspondiente a la comunidad Vega del Río, fue de carácter crítico, con un número de Froude de 1.13, el cual fue el mismo para todos los periodos de retorno antes mencionados, de esta manera, que se está ante una situación en donde se generan las condiciones para que se produzca la turbulencia del flujo y con ello, un aumento de la velocidad del caudal provocando mayor erosión del cauce y socavación de las zonas habitadas. Desde el punto de vista hidrológico, la parte alta de la cuenca posee una condición hidrológica buena, conformada por áreas de cultivos de café y bosques, y un tipo de suelo cuyas propiedades físicas con tasas moderadas de infiltración y transmisión de agua, definen una condición de moderado potencial de escorrentía; sin embargo, los caudales de diseño bajo estas características biofísicas, indican una amenaza, debido a las características de los asentamientos humanos en la parte baja de la cuenca. Las características del flujo del cauce del río Sensunapán a la altura de la comunidad Vega del Río, presenta un alto grado de capacidad erosiva, significando susceptibilidad a socavaciones debido a la velocidad que el flujo posee en ese sitio, representado esto en un incremento de la vulnerabilidad de la comunidad.

Palabras clave: Sensunapán, análisis hidrológico, modelación hidráulica.

Abstract

This study was conducted in Sensunapán river basin, located in the department of Sonsonate; the field phase was implemented in November 2015 and was under study to analyze the hydrological behavior of the basin of river Sensunapán using tools Geographic Information System (GIS). The methodological process began with the delimitation of river watersheds belonging to Sensunapán river from maps at 1: 25,000 National Registration Center (CNR); also determined the corresponding morphometric characteristics. The biophysical and hydrological basin analysis was carried out by the hydrological classification proposed by the Soil Conservation Service. weighted runoff coefficient for the entire basin and the upper, back to establish biophysical analysis of it was determined. Time concentration was determined by the formula Kirpich. To design flows of the basin, the average intensity of the rain settled through the historical record of hydrometric stations in the municipalities of Chalchuapa, Juayúa, Apaneca, Izalco, Acajutla; which possess intensity data, duration and frequency; also they were taken as reference for the calculation of the flow, return periods of 02, 05, 10, 15 and 25, with a duration of 360 minutes for the entire basin and 150 minutes to the top of it. Hydraulic modeling was performed using software HEC - RAS 4.1.0, which allowed the calculation for different flow configurations in each of the cross sections along the two sections located in Vega del Rio and El Palmar communities; simulated levels of water depths and flow rates, among other variables values.

The simulation was performed considering the "tramoalto" from the El Palmar (Code: 1269.804) community to the "tramobajo" located in the Vega del Rio (Code.: 10.30199) community. The rate of flow in the cross section of the El Palmar community was critical sub character, with an increasing trend in the number of Froude with values of 0.32, 0.43, 0.48, 0.51 and 0.55, for return periods of 2, 5, 10, 15 and 25; thus indicating that the flow rates are lower, but his elevation hydraulic is greater; ie the flow travels by its own weight; however, the rate of flow in the corresponding cross section to the Vega del Rio community was critical, a Froude number of 1.13, which was the same for all periods above mentioned return, in this way, it is in a situation where conditions are generated to flow turbulence occurs and thus an increase in flow velocity resulting in increased channel erosion and undermining of the inhabited areas. From the hydrological point of view, the upper part of the basin has good hydrological condition, consisting of areas of coffee crops and forests, and soil type whose physical properties with moderate infiltration rates and water transmission define a condition moderate runoff potential; however, the design flows under these biophysical characteristics indicate a threat, due to the characteristics of human settlements in the lower part of the basin. The characteristics of the flow channel of Sensunapán river up to the Vega del Rio community, has a high degree of erosive capacity, meaning susceptibility to undercuts due to the speed that the flow has on that site, represented this in an increase community vulnerability.

Key words: Sensunapán River, hydrological analysis, hydraulic modeling

Introducción

Los países de la región Centroamericana, sufren frecuentes inundaciones que afectan principalmente las pocas zonas planas, constituyéndose en el problema natural más perjudicial, que afecta las economías nacionales. Además, el crecimiento demográfico, comercial e industrial de las poblaciones (usualmente no planificado), ejerce una seria presión sobre los recursos naturales y proveedores de diversos servicios ambientales (agua, oxígeno, belleza escénica).

La situación anterior, se ha agravado debido al manejo inadecuado de las cuencas (deforestación, impermeabilización, uso agropecuario inapropiado); esto hace que los caudales máximos aumenten, y el tiempo de concentración disminuya, aumentando el riesgo para las poblaciones que se encuentran en cuencas vulnerables. Esta situación se magnifica cuando no se establecen estrategias de corto, mediano y largo plazo para el ordenamiento territorial de las actividades en las cuencas hidrográficas. Debido a que se generan conflictos desencadenadores de procesos degradantes, cuando el uso de la tierra excede la capacidad de uso, principalmente en las zonas media y alta de las cuencas hidrográficas; mismas que son las principales áreas de recarga.

En el departamento de Sonsonate, se presenta la mayor cantidad de precipitaciones en la zona de la cordillera del bálsamo y en la zona noroccidental de dicho departamento, el resto del departamento presenta precipitaciones moderadas de acuerdo a información del Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET) (MARN,2012). La zona sur del departamento presenta alta susceptibilidad a inundaciones específicamente municipios como Santa Isabel Ishuatán y Acajutla. El municipio de Sonsonate es de susceptibilidad moderada y el resto de baja susceptibilidad en cuanto a inundaciones.

Para determinar el análisis hidrológico de la cuenca y la parte alta de la misma, se llevó a cabo su delimitación a través de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG); además se digitalizó el cauce principal del río a través de Arc-SWAT (Winchell, M. 2007). Posteriormente, se realizó el análisis biofísico o clasificación hidrológica, así como la determinación del tiempo de concentración, número de curva y el coeficiente de escurrimiento ponderado (Villón Béjar 2004).

Los caudales máximos o de diseño, se determinaron haciendo uso del historial de precipitaciones máximas registradas en las estaciones climatológicas de Chalchuapa, Juayúa, Apaneca, Izalco y Acajutla, para periodos de retorno de

2, 5, 10, 15 y 25 años, las cuales pertenecen a la cuenca del río Sensunapán; además, se determinaron las áreas de cada una de las estaciones involucradas a través de la metodología de los polígonos de Thiessen, herramienta de ArcGIS.

La modelación hidráulica de las secciones transversales de interés, se efectuó con el software HEC – RAS 4.1.0, el cual permitió conocer la geometría que poseen cada una de éstas, así como la velocidad del flujo, la línea de energía y el perfil longitudinal del flujo en todo el cauce.

La ubicación de las zonas de inundación se desarrolló a través de HEC-GeoRAS 10.2, herramienta de ArcGIS, el cual determino hasta qué punto el nivel del agua podía superar los límites de las secciones hidráulicas presentadas en las zonas habitadas.

Materiales y Métodos

Ubicación y duración de la investigación

La investigación se realizó en la cuenca del río Sensunapán y parte alta de la misma, haciendo uso de la base de datos y cartografía del Centro Nacional de Registro (CNR). Este río fue seleccionado por la ubicación estratégica de su cauce, en el cual existen comunidades como el caso de El Palmar y Vega del Río, las cuales se encuentran vulnerables a inundaciones por encontrarse dentro de los límites del cauce principal. El río Sensunapán se origina en las cercanías del cantón San José La Majada, más o menos sobre la cota de 1000 msnm. En su recorrido forma una serie de meandros, pequeñas terrazas y un valle profundo, cerca de su desembocadura; su pendiente es bastante fuerte y en su gran mayoría corre por un cauce profundo y con un lecho permanente (Geólogos del Mundo, 2005).

La investigación se realizó en el período comprendido del mes de enero de 2014 a marzo del 2016, dentro de este periodo se llevó a cabo la fase de campo y la fase de gabinete y documentación.

En la figura 1 se muestra la cuenca del río Grande o Sensunapán, del departamento de Sonsonate, el cual se encuentra entre las coordenadas 13° 43' 0" Norte y 89° 43' 0" Oeste posee un área de 218.8715 km², con una elevación máxima de 2090 metros sobre el nivel del mar, una elevación media de 1,045.00 msnm y la mínima elevación que está al nivel del mar, por desembocar el río en el Océano Pacífico. En la cuenca, la precipitación media anual es aproximadamente de 2200 mm/año (355 m³/año) (Geólogos del Mundo, 2005).

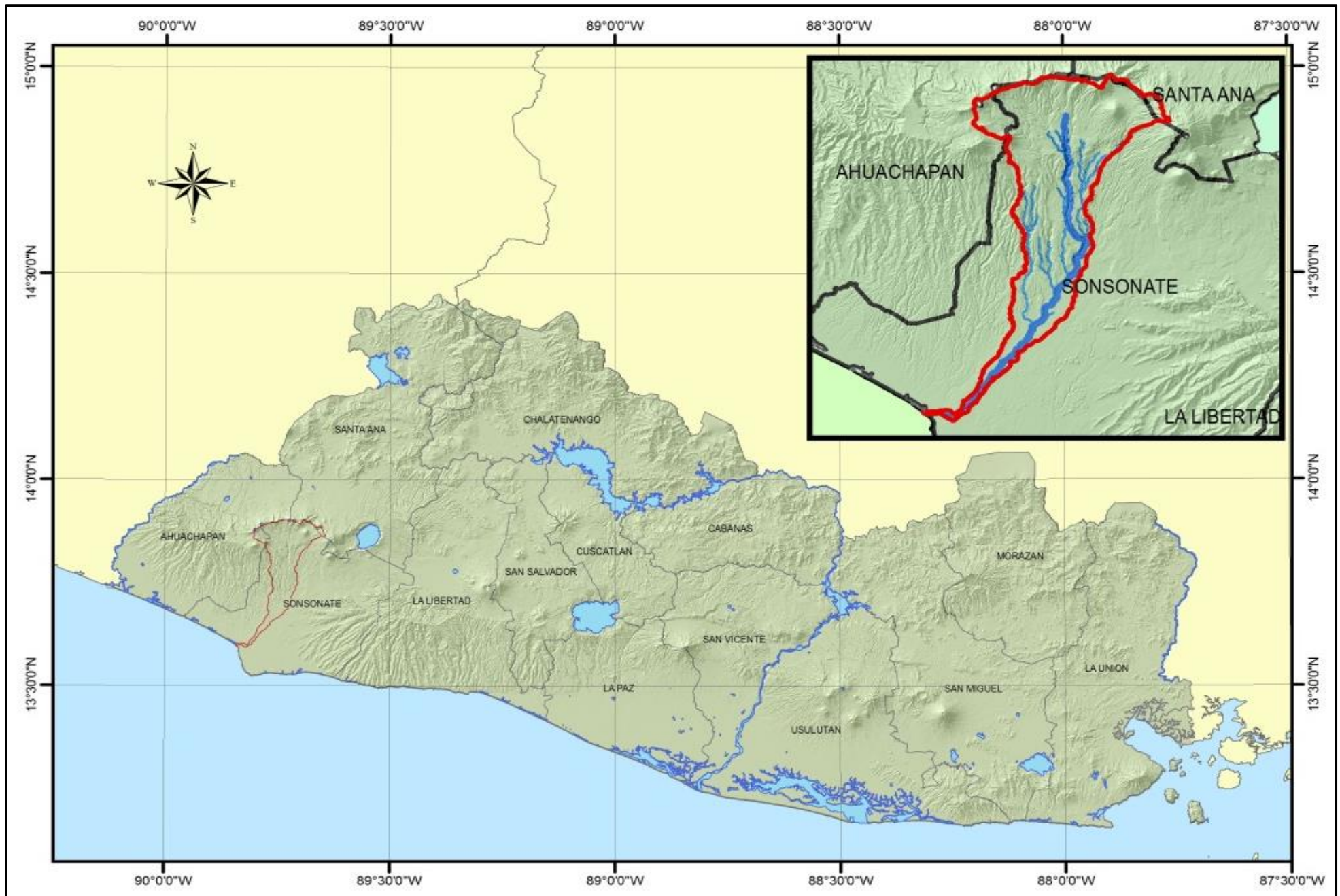


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Sensunapán en el departamento de Sonsonate y El Salvador.

Metodología de campo

Georreferenciación de las comunidades

Se realizaron visitas en la zona de estudio en la parte alta y media de la cuenca del río Sensunapán; se georreferenciaron a las 14 comunidades pertenecientes a ésta para poder ubicarlas en el mapa, tal como se puede observar en la figura 2.

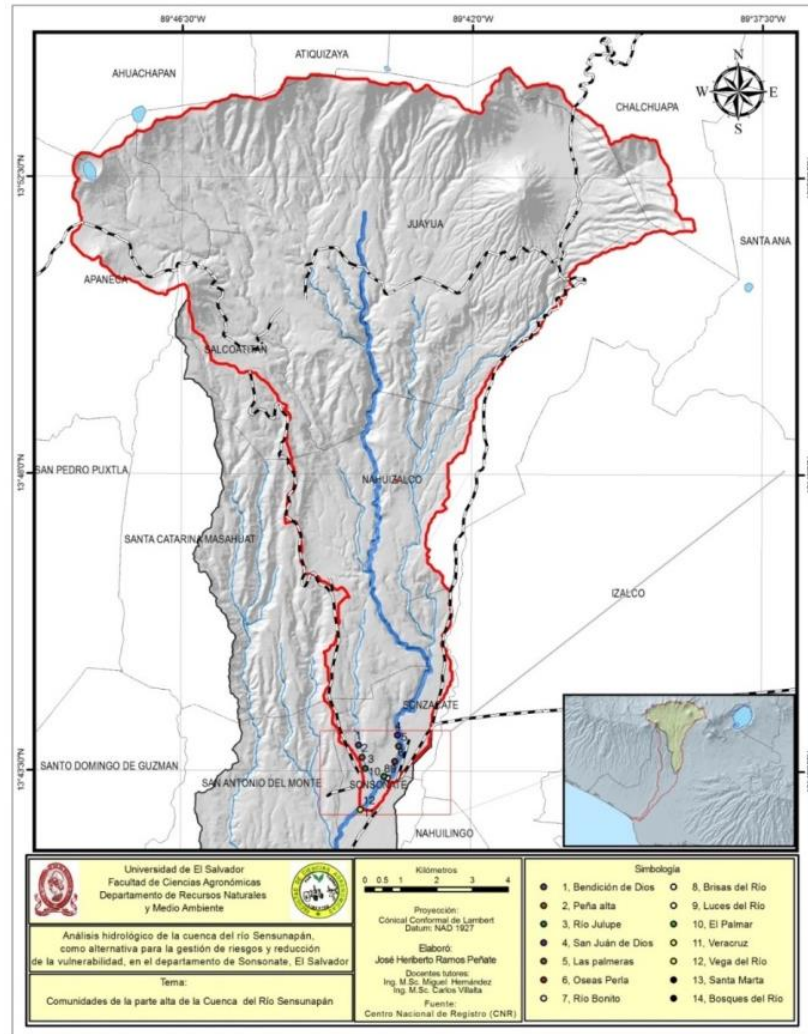


Figura 2. Comunidades pertenecientes a la cuenca del río Sensunapán.

Toma de datos de las secciones transversales del cauce del río

Se identificaron a las comunidades El Palmar y Vega del río como las más vulnerables a inundaciones, ocasionadas por precipitaciones máximas. En ese sentido, se realizaron toma de datos del ancho del cauce en cada una de las comunidades antes mencionadas.

En la figura 3 se puede observar a la comunidad El Palmar y Vega del Río; la primera posee una mayor anchura y varios meandros en el cauce del río comparada con la segunda.

En la figura 3, se puede observar el cauce del río sensunapan y el puente peatonal utilizado en la comunidad Vega del Río. Este puente es de suma importancia dentro del análisis para establecer si la geometría del cauce es capaz de superar o soportar el flujo del río. Se tomaron las elevaciones de las diferentes partes del puente; además, se realizó el mismo procedimiento bajo del mismo.



Figura 3. a) Comunidad El Palmar, b) Comunidad Vega del Río.

Metodología de laboratorio

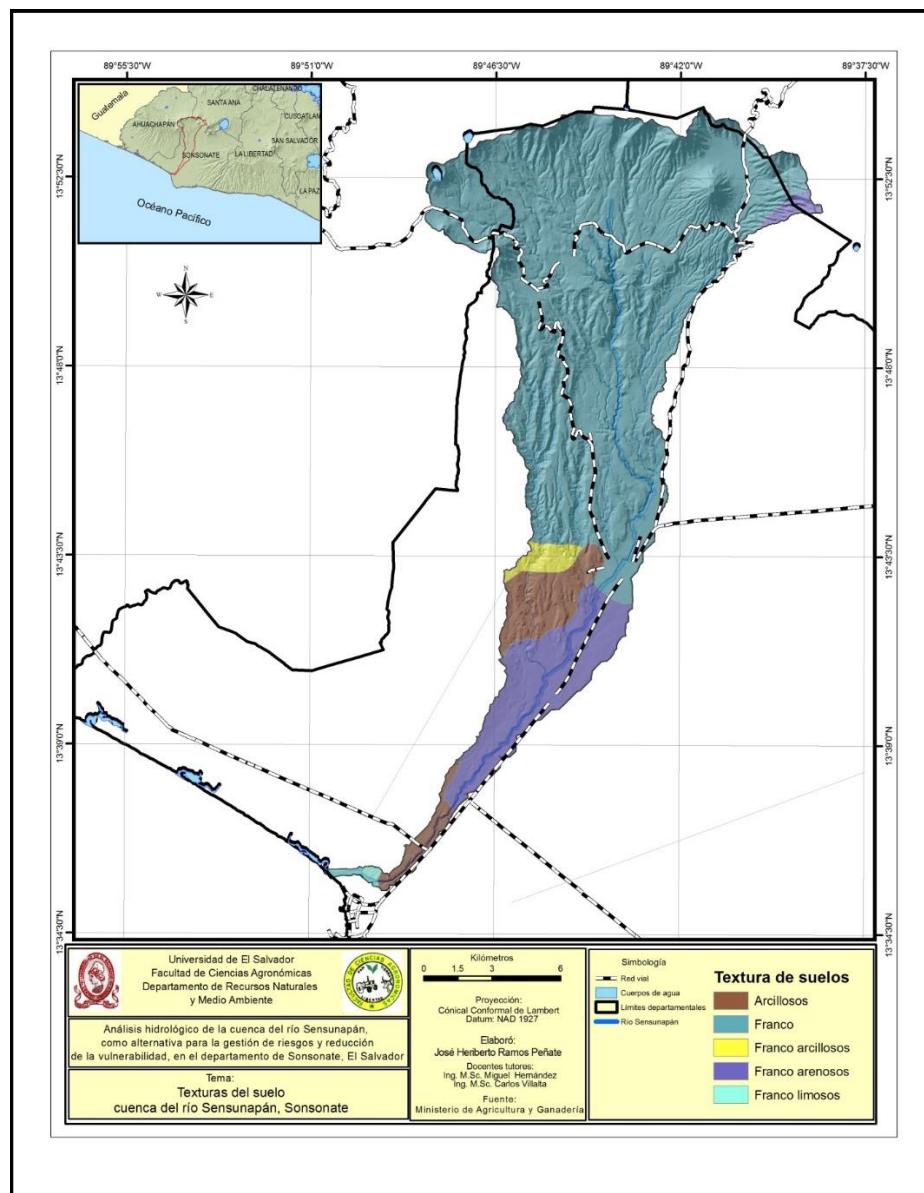
La metodología consistió en dos procesos fundamentales: un análisis hidrológico y una modelación hidráulica, este último llevado a cabo por las herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG).

Análisis hidrológico

Se seleccionó el mapa de la cuenca del río Sensunapán a través del ArcGIS 10.X; además, se obtuvo el relieve del mismo hasta contar con las características morfométricas, indispensables para determinar el tiempo de concentración de la cuenca.

Se utilizó el mapa del uso actual del suelo del año 2013 (MAG, 2013) y el mapa de texturas del suelo de El Salvador (MAG, 2012), para obtener el mapa de unidades homogéneas, como se puede observar en la figura 4, el cual nos permitiría realizar el análisis biofísico de la cuenca.

El mapa de unidades homogéneas identificó un total de seis tipos o texturas de suelos dentro de la cuenca, las cuales se clasificaron usando la metodología propuesta por Villón Béjar (2004), tal como se muestra en el cuadro 1.



Cuadro 1. Clasificación hidrológica de suelos.

Grupo de suelos	Descripción
A	Son suelos que tiene altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento) aunque están enteramente mojados y constituidos mayormente por arenas o gravas profundas, bien y hasta excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	Son suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojados y están constituidos mayormente por suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.
C	Son suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión del agua.
D	Son suelos de alto potencial de escurrimiento, de tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados y están conformados mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de esponjamiento, suelos con índice de agua permanentemente alto, suelos con arcilla o capa de arcilla en la superficie o cerca de ella y suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua.

Fuente: Villón Béjar, M. 2004.

Las texturas de suelos que se hayan van desde franco arenoso, francos, arcillosos, franco arcillosos, franco arenoso hasta franco limosos; de igual manera, el mismo mapa identificó diez usos del suelo, los cuales fueron clasificados igualmente con la metodología propuesta por Villón Béjar (2004) que hace referencia al escurrimiento directo en función de la cobertura vegetal existente, tal como se puede observar en el cuadro 2. El tipo de cobertura vegetal o uso del suelo va desde bosque, café, caña de azúcar, granos básicos, mosaico de cultivos y pastos, pastos cultivados, pastos naturales, sistemas agroforestales, usos y coberturas diversas hasta el tejido urbano; cada uno de ellos distribuidos en diferentes zonas y áreas de la cuenca.

Figura 4. Mapa de unidades homogéneas de la cuenca del río Sensunapán.

Cuadro 2. Escurrimiento directo en función de la cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	Condición hidrológica
> 75% del área	Buena
Entre 50 % y 75% del área	Regular
< 50% del área	Pobre

Fuente: Villón Béjar, M. 2004

El número de curva contiene una serie de factores que varía de 1 a 100, de esta manera, el primer factor indica que toda la lluvia infiltra, mientras que el segundo, indica que toda la lluvia escurre. Estos valores proporcionaron la representación gráfica estandarizada de la información de la precipitación total y la precipitación efectiva para muchas cuencas. Para la obtención de este valor, se fueron designando factores previamente establecidos, según la tabla del Servicio de Conservación de Suelos (1986), presentada por Villón Béjar (2006) en el cuadro 3.

El coeficiente de escorrentía ponderado “C” se determinó, producto de multiplicar el número de curva (CN) por cada área correspondiente, variando según la condición hidrológica, tratamiento agrícola y grupo hidrológico del suelo presente en la cuenca; luego se sumaron los valores de C, dividiéndose entre el área total de la cuenca que representa el drenaje principal obteniéndose el valor de C ponderado (Ven Te Chow, citado por Carías, 2004)

Para determinar el tiempo de concentración, se utilizó la fórmula empírica de “Kirpich”, presentada por Villón Béjar, (2006). Se definió a partir de las características físicas de la cuenca como las pendientes, longitud, elevación máxima, elevación mínima y área de la cuenca.

Para determinar los caudales máximos o de diseño, se hizo utilizando la metodología del SCS propuesto por Villón Béjar (2004) y los polígonos de Thiessen, herramienta de Arc GIS 10.2, donde se identificaron las estaciones climatológicas de Chalchuapa, Juayúa, Apaneca, Izalco y Acajutla, para determinar la precipitación promedio, para periodos de retorno de 02, 05, 10, 15 y 25 años, una duración de 360 minutos y 150 minutos para la parte alta de la cuenca; estos datos fueron proporcionadas por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), de El Salvador.

Cuadro 3. Número de curva para diferentes prácticas agrícolas, diferentes condiciones hidrológicas y grupo hidrológico de suelos.

Número de curva <i>N</i> para complejos hidrológicos de suelo cobertura (para condición de humedad antecedente <i>II</i> e <i>Ia</i> = 0.25)						
Cobertura		Número de curva				
Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Descuidado, en descanso sin cultivos	Surcos rectos	----	77	86	91	94
	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
Cultivos	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85
Pequeños granos	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	51	67	76	80
			Pobre	68	79	86
Pastizales o similares		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Patios		----	59	74	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía.	Cieno	----	72	82	87	89
	Superficie firme	----	74	84	90	92

Se determinaron las siguientes características fisiográficas de la cuenca:

A = área de la cuenca, en km²

tc = tiempo de concentración, en horas.

NC = número de curva de escurrimiento para la condición media de humedad en la cuenca, adimensional.

Se calcularon las lluvias con cinco horas de duración en toda la cuenca y de 2.47 para la parte alta de la misma, con periodos de retorno 02, 05, 10, 15 y 25 años.

Con base en el número de curva CN de la cuenca, se calculó la escorrentía para cada una de las lluvias determinadas en el paso anterior.

$$Q = \frac{[N(P + 50.8) - 5080]^2}{N[N(P - 203.2) + 20320]}$$

Dónde: Q = escorrentía, en mm.

P = lluvia de duración cinco horas y periodos de retorno, en mm.

Una vez determinados estos caudales, mediante el cuadro 4, en función de la magnitud del tiempo de concentración, se determinó el valor del gasto unitario (q).

Por último, se multiplicó el gasto unitario (q), la escorrentía (Q), y el área de la cuenca (A), para obtener el gasto máximo (Qmax) en m³/seg.

Posteriormente, haciendo uso de la herramienta de HEC-RAS 4.0.1, se procesaron los datos de geometría levantadas en campo de las comunidades con los caudales de diseño previamente determinados y finalmente, mediante la herramienta de HEC-GeoRAS, se diseñaron los mapas con las zonas de inundación localizadas.

Resultados y Discusión

Análisis hidrológico

Al haber realizado el análisis biofísico de la parte alta de la cuenca, que es donde se encuentran los habitantes de las comunidades Vega del Río y El Palmar, en el cuadro 5 se puede observar los valores del número de curva correspondientes.

Cuadro 4. Gasto unitario q (m³/s/mm/km²), en función del tiempo de concentración Tc; (horas).

Tc	q	Tc	q	Tc	q
< 0.1	0.337	1.0	0.158	8.0	0.039
0.2	0.300	1.5	0.120	10.0	0.034
0.3	0.271	2.0	0.100	12.0	0.030
0.4	0.246	2.5	0.086	14.0	0.027
0.5	0.226	3.0	0.076	16.0	0.025
0.6	0.208	4.0	0.063	18.0	0.023
0.7	0.195	5.0	0.054	20.0	0.021
0.8	0.190	6.0	0.048	22.0	0.020
0.9	0.168	7.0	0.043	24.0	0.019

Fuente: Villón Béjar, M. 2004

Cuadro 5. Número de curva para diferentes prácticas agrícolas, condiciones hidrológicas y grupos hidrológicos de suelos.

Uso actual del suelo	Clasificación	Tratamiento	Condición hidrológica	Grupo hidrológico	CN
Bosque	Bosques	N/A	Buena	B	55
Café	Bosques	N/A	Buena		55
Caña de azúcar	Cultivos	Surcos rectos	Regular		80
Granos básicos	Pequeños granos	Surcos rectos	Pobre		76
Mosaico de cultivos y pastos	Sembríos cerrados	Surcos rectos	Pobre		77
Pastos naturales	Pastizales	N/A	Buena		61
Sistemas agroforestales	Cultivos	Curvas nivel	Regular		83
Tejido urbano	Caminos, incluyendo derecho de vía	Superficie firme	N/A		84
Bosque	Bosques	N/A	Buena		55
Café	Bosques	N/A	Buena		55
TOTAL					681

Fuente: elaboración propia, 2014.

El cuadro 6 se muestra los valores de C, producto de multiplicar el valor del número de curva por el área correspondiente según el uso actual del suelo y la clasificación de estos.

Estos valores de C se sumaron y se dividieron entre el área total de la parte alta de la cuenca, dando como producto un valor de coeficiente de escorrentía ponderado adimensional de 61.35; este valor, indica que el 61.35% de la precipitación total se convierte en escorrentía superficial por unidad de área o en la parte alta de la cuenca del río Sensunapán. El tiempo de concentración mediante la fórmula empírica de Kirpich, dio un valor de 2.47 horas para la parte alta de la cuenca del río Sensunapán.

El cuadro 7 muestra los caudales máximos determinados en la parte alta de la cuenca, además de la intensidad y precipitación media.

Cuadro 6. Coeficiente de escorrentía ponderado de la parte alta de la cuenca del río Sensunapán.

Uso actual del suelo	Clasificación	Área (Ha)	CN	C
Bosque	Bosques	64.1821	55	3530.0155
Café	Bosques	10,647.8829	55	585633.5595
Caña de azúcar	Cultivos	30.1723	80	2413.784
Granos básicos	Pequeños granos	1,447.4139	76	110003.4564
Mosaico de cultivos y pastos	Sembríos cerrados	81.3547	77	6264.3119
Pastos naturales	Pastizales	15.9200	61	971.12
Sistemas agroforestales	Cultivos	951.7268	83	78993.3244
Tejido urbano	Caminos, incluyendo derecho de vía	1,133.5486	84	95218.0824
Bosque	Bosques	68.0264	55	3741.452
Café	Bosques	115.6565	55	6361.1075
TOTAL		14,555.8842	681	893130.2136

Fuente: elaboración propia, 2014.

Cuadro 7. Intensidades media, precipitación promedio y caudales máximos de la parte alta de la cuenca del río Sensunapán para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15 y 25 años con una duración de 150 minutos.

Periodo de retorno	Intensidad media	Precipitación promedio	Caudal máximo
02 años	0.38755 mm/min.	23.2534 mm/hora	58.1954 mm
05 años	0.51680 mm/min	31.0080 mm/hora	77.5202 mm
10 años	0.60216 mm/min	36.1297 mm/hora	90.3244 mm
15 años	0.65319 mm/min	39.1914 mm/hora	97.9787 mm
25 años	0.71099 mm/min	42.6596 mm/hora	106.6492 mm

Fuente: elaboración propia, 2014.

Moderación hidráulica

El cuadro 8, haciendo uso del software HEC – RAS 4.0.1 se determinaron los datos geométricos correspondientes a las secciones transversales que caracterizan al cauce del río; mientras que el cuadro 9 hace referencia a las velocidades medias del flujo siempre de cada una de las secciones transversales en estudio. La figura 5 muestra los límites de inundación y profundidades alcanzadas por parte del flujo, a través de la modelación desarrollada con HEC-GeoRAS, herramienta de ArcGIS 10.X.

Cuadro 8. Régimen del flujo y número de Froude, periodos de retorno de 2, 5, 10,15 y 25 años.

Estación	Periodo de retorno														
	2 años			5 años			10 años			15 años			25 años		
	F>1	F=1	F<1	F>1	F=1	F<1	F>1	F=1	F<1	F>1	F=1	F<1	F>1	F=1	F<1
1269.804			0.37			0.49			0.55			0.58			0.62
10.30199	1.13			1.13			1.13			1.13			1.13		1.13

Fuente: elaboración propia, 2014.

Cuadro 9. Velocidades medias del flujo para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15 y 25 años.

Estación	Periodos de retorno				
	2 años	5 años	10 años	15 años	25 años
	Velocidad media (m/s)	Velocidad media (m/s)	Velocidad media (m/s)	Velocidad media (m/s)	Velocidad media (m/s)
1269.804	1.10	1.83	2.28	2.54	2.89
10.30199	2.21	3.08	3.55	3.80	4.11

Fuente: elaboración propia, 2014.

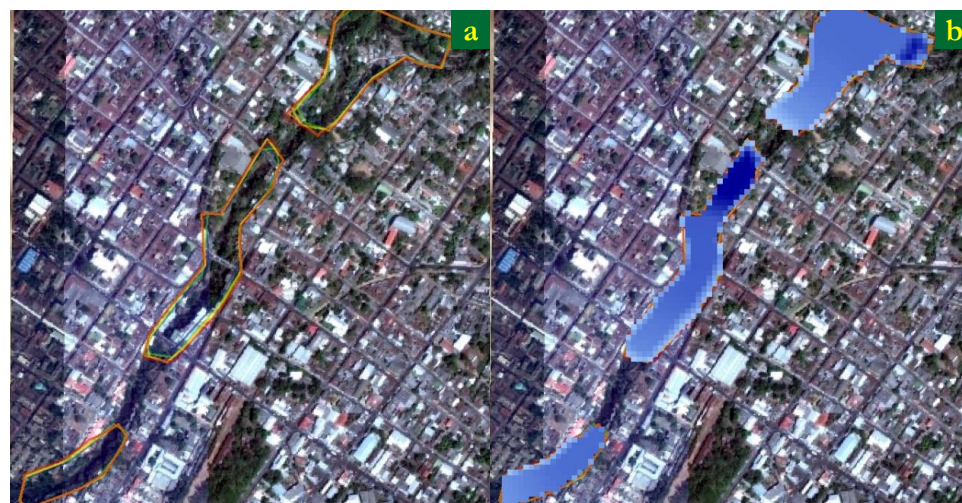


Figura 5. Comunidad El Palmar y Vega del Río. a) Límites de inundación, b) Zonas de inundación.

La cobertura vegetal de la cuenca alta del río Sensunapán, analizada mediante los mapas de uso de la tierra del año 2010, consiste principalmente de zonas cafetaleras hasta los 1,600 msnm y bosques primarios en las partes altas de la sierra Apaneca – Ilamatepec, las que contribuyen a disminuir los efectos ocasionados por tormentas extremas, principalmente porque tienen el efecto de retener la lluvia a través de la infiltración y retardando de la escorrentía; sin embargo, desde el punto de vista hidrológico y la forma de la cuenca, los caudales de diseño para periodos de retorno cortos (2, 5, 10 y 15 años), indican un alto riesgo para las comunidades localizadas en los márgenes del río, principalmente en El Palmar y Vega del Río, también señalado como sitios críticos en el Plan de Mitigación de Riesgos del municipio de Sonsonate, sin contarse a esta fecha con un sistema de alerta temprana (Corena Sánchez, 2012) y es confirmado por los hechos sucedidos en agosto del 2010, donde una lluvia de 30 minutos causó destrozos en la comunidad Vega del Río, haciendo colapsar los muros de contención y evacuar a varias familias del lugar (Salguero, 2010), coincidiendo también con lo expresado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014), en relación a la parte baja de la cuenca durante la última década, la cual se ha visto frecuentemente afectada por inundaciones que han incrementado las pérdidas y daños en las comunidades asentadas en esta zona, en especial durante eventos extremos, situación confirmada en octubre de 2015 donde una precipitación acumulada de 112 milímetros en la estación Sensunapán de este departamento, provocó incrementos del nivel del flujo del agua en 1.4 metros en el río Sensunapán, las que ocasionaron inundaciones en la cuenca baja, generando situaciones de emergencia (El País, 2015). La situación anterior, amerita el fortalecimiento de la gestión de riesgos de desastres involucrando a todas las instituciones pertinentes desde la creación de los pronósticos meteorológicos por el MARN, donde se monitorea la lluvia y se prevén las probabilidades de desbordamiento del río, incluyendo la integración del gobierno local y la población organizada de las comunidades a lo largo del cauce del río Sensunapán; siendo que en el plan municipal de gestión de riesgos se detalla la población afectada por este problema. La información generada en esta investigación, puede mejorar un sistema de alerta temprana, principalmente con el conocimiento de la precipitación de la parte alta de la cuenca, cuyo tiempo de concentración calculado permite un tiempo estimado de 2.42 horas para poder evacuar, si fuese necesario, a la población más expuesta a crecientes repentinas del río (los habitantes que viven dentro del cauce), aplicables para lluvias con un periodo de retorno a partir de 2 años.

La aplicación de los modelos predictivos HEC-RAS y GeoRAS, con énfasis en los sitios considerados críticos, indican una afectación directa a una superficie inundable que abarca zonas de las comunidades Vega del Río y El Palmar, como lo confirmado por las visitas de campo y lo detallado por Corena Sánchez (2012), sin tomar en cuenta el efecto que podría tener un periodo de retorno de 50 años, esto ayuda a percibir o establecer planes de gestión de riesgos más fundamentados en los antecedentes históricos y en los resultados de los modelos hidráulicos.

Lógicamente la situación de alta vulnerabilidad de los habitantes, heredada por la ausencia de planes de ordenamiento territorial municipal que regulen y ordenen las zonas habitables con respecto a las zonas de alto peligro, a la falta de planes financiados de construcción de viviendas en sitios seguros y a los altos índices de pobreza en la zona (COSUDE, s.f.), bajo estas condiciones precarias de vida, sobre todo en Vega del Río y El Palmar, no se puede mitigar la vulnerabilidad a no ser por la reubicación de las familias a sitios más seguros, como lo desarrollado por el gobierno municipal de Sonsonate juntamente con la organización no gubernamental italiana, ÁFRICA 70, en el mismo río (Lima, 2014) y las recomendaciones a largo plazo establecidas por COSUDE (sf).

Conclusiones

Desde el punto de vista hidrológico, la parte alta de la cuenca posee una condición hidrológica buena, conformada por áreas de cultivos de café y bosques, y un tipo de suelo cuyas propiedades físicas con tasas moderadas de infiltración y transmisión de agua, definen una condición de moderado potencial de escorrentía; sin embargo, los caudales de diseño bajo estas características biofísicas, indican una amenaza, debido a las características de los asentamientos humanos en la parte baja de la cuenca.

Los caudales para periodos de retorno cortos (2, 5, 10 y 15 años), representan una amenaza para todas las comunidades localizadas en los márgenes del río Sensunapán, principalmente El Palmar y Vega del Río, por estar localizadas muy cercanas al cauce, condición confirmada por medio de los escenarios de riesgo calculados para estos periodos de retorno, indicando la necesidad de incluir esta información en los planes de municipales de gestión de riesgos.

Las características morfométricas del cauce del río Sensunapán, específicamente en las comunidades Vega del Río y El Palmar, indican su baja capacidad hidráulica en relación a los caudales de diseño, para periodos

de retorno corto, indicando la permanente susceptibilidad a inundaciones durante toda la época lluviosa.

Evidentemente la ubicación de las comunidades Vega del Río y El Palmar, muy cercanas al cauce aumenta la vulnerabilidad a sufrir los efectos de las lluvias caídas en la parte alta de la cuenca; sin embargo, el tiempo de concentración de 2.47 horas indica la posibilidad de crear y/o fortalecer un Sistema de Alerta Temprana, que disminuya el riesgo.

Las características del flujo del cauce del río Sensunapán a la altura de la comunidad Vega del Río, presenta un alto grado de capacidad erosiva, significando susceptibilidad a socavaciones debido a la velocidad que el flujo posee en ese sitio, representado esto en un incremento de la vulnerabilidad de la comunidad.

Recomendaciones

Mantener y mejorar las condiciones biofísicas de la cuenca, a través de un fortalecimiento de las zonas cafetaleras y conservación de las áreas de boscosas en la parte alta de la cuenca promoviendo la conservación de la cobertura vegetal, reduciendo de esta manera la deforestación, degradación de los suelos y disminución de la escorrentía superficial.

Reubicar a los habitantes de las comunidades que se encuentran más vulnerables a inundaciones, en sitios más seguros.

Incluir a toda la comunidad en los planes de gestión de riesgos e incorporar medidas de mitigación en las zonas más vulnerables.

Fortalecer el sistema de alerta temprana de las comunidades, tomando en cuenta que el tiempo de concentración de una precipitación máxima es de 2.42 horas para lluvias que se producen en la parte alta de la cuenca del río Sensunapán, hasta la comunidad Vega del Río.

Crear una articulación intermunicipal, entre las comunidades y representantes de protección civil comunal.

Realizar un censo de la población que podría ser afectada por una inundación máxima, tomando como base las cotas de inundación definidas para todos los períodos de retorno.

Establecer un albergue para los habitantes de las comunidades, en un lugar apropiado y sin riesgos a inundaciones; debido a que en ambas comunidades no se encuentran condiciones o espacios físicos que no sean susceptibles a inundaciones, tomando como referencia la modelación hidráulica.

Bibliografía

Geólogos del mundo. 2005. Caracterización Hidrogeológica de Nacimiento de Agua para el Abastecimiento de San Antonio del Monte. ACASTAM (Asociación Comunal Administradora del Sistema de Abastecimiento de Agua Alcantarillado y Saneamiento Ambiental de las Comunidades del Municipio de San Antonio del Monte). Ayuntamiento de Asturias, España. 19 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2012. Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. Ed. Rev. Soyapango, San Salvador, El Salvador. P. 3.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2013. Uso actual de suelo de la República de El Salvador, C.A. Ed. Rev. Soyapango, San Salvador, El Salvador. P. 2

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SV). 2012. Escenarios de riesgo: Amenaza por inundación. Ed. Rev. Santa Tecla, SV. Talleres gráficos, UCA. P. 24

Ven Te Chow, et al. 1994. Hidrología aplicada. Ed. ME Suárez. Trad. JG Saldarriaga. 1 ed. Santafé de Bogotá, CO. Imprenta Panamericana. P. 66, 80, 81, 142, 194, 204.

Villón Béjar, M. 2004. Hidrología. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. P. 77, 81, 82, 84, 85, 86, 149, 150, 151, 155, 179, 261, 262, 263, 264, 265, 271, 272, 274, 276, 277, 284 – 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297,

2006. Hidrología Estadística. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. P. 25, 26, 27, 28, 29, 30.

Winchell, M. 2007. ArcSWAT interface for SWAT2005 User's guide. Texas Agricultural Experiment Station and United States Department of Agriculture, Temple, TX. Consultado 20 abr. 2015. Disponible en <http://swat.tamu.edu/software/arcsbat/>

Normas de publicación en revista

Agrociencia

Estructura del Artículo Científico

Para la publicación de los resultados de investigación, es necesario tener una estructura eficaz y acorde con las necesidades concretas. Existen varios tipos de estructuras dependiendo de la revista científica y su especialización, aquí se tratará sobre el artículo original o artículo científico.

A pesar de que cada revista tiene sus propias normas de publicación, la estructura del artículo generalmente es común a todas ellas, variando únicamente la forma de presentación, extensión de las partes o algunas pequeñas características relacionadas con el formato. Las normas de publicación incluyen tipo de letra, interlineado, idiomas del título y del resumen, situación de las palabras clave, formato de las citas bibliográficas. En este sentido, los apartados fundamentales que debe presentar un artículo científico son los siguientes:

Nombre de la Investigación

Este es un componente muy importante del artículo, debido a que es probable que se publique como recurso bibliográfico, en bancos de datos, en la página de Internet y en la literatura citada de otros artículos. Quién encuentre el título por uno de estos medios decidirán, basándose exclusivamente en su contenido, si deben o no obtener una copia del artículo, debido que describe el contenido del artículo (naturaleza del estudio, sujeto u objeto experimental y enfoque técnico) en forma específica, clara, exacta, breve, honesta y concisa, de tal forma que el lector identifique el tema fácilmente.

A pesar que no hay una regla única sobre la longitud mínima, máxima u óptima del título en cuanto al número de palabras, la longitud promedio varía en diferentes revistas examinadas recientemente, considerando como promedio 14 palabras (9 mínimo a 20 como máximo). El título no debe contener abreviaturas, fórmulas químicas o nombres comerciales. Usar letra mayúscula únicamente en la primera letra del título (a menos que se trate de nombres propios). Si se incluye un nombre científico, es imperativo que el lector sepa de qué tipo de organismo se trata.

Autores

Un aspecto muy importante es el nombre y apellidos de los investigadores, generalmente se tienen dos apellidos y nombres, por lo tanto deberán colocarse los dos apellidos unidos por un guión. Cuando hay más de un autor estos deben estar separados por comas y los nombres de los autores colocando únicamente las iniciales. El o los docente directores de tesis, deberá estar al final del total de autores del artículo científico. Después del nombre y apellido de cada autor hay que colocar un número arábigo como superíndice, para indicar la dirección de la institución y se indicará con el número uno (1), el autor al cual se le debe dirigir

la correspondencia. A los docentes y otros profesionales directores de tesis deberá colocar el número dos (2), el cargo y la dirección de la Unidad académica o de trabajo a la cual pertenecen, la Universidad o Institución laboral y el país. Las direcciones deberán ir en nota separada al pie de página.

Resumen y palabras claves

La mayoría de las revistas científicas, exigen un resumen en varios idiomas sobre el contenido del artículo. La importancia del “Resumen o Abstract” se refleja en la existencia de bases de datos en bibliotecas u otros Centros de Información, donde únicamente aparece el título y el resumen del artículo. Con la proliferación de bases de datos digitales, esta característica se ha convertido en universal.

El resumen, debe ser lo suficientemente sucinto e informativo para permitir al lector identificar el contenido e interés del trabajo y poder decidir sobre su lectura. El resumen debe estar escrito en el pasado y hacer referencia al lugar y fecha de ejecución; además, debe contener el procedimiento metodológico del trabajo, sus principales resultados y conclusiones. Debe dejarse bien claro el hallazgo principal del trabajo y se deben presentar datos numéricos de los resultados sin incluir subtítulos, cuadros, figuras, abreviaciones, referencias bibliográficas y no deben separarse los párrafos. Además, indicar la probabilidad de la prueba estadística entre paréntesis por ejemplo ($p \leq 0.01$) y cuando sea pertinente también el valor calculado ($r = 0.9$; $X^2 = 2$). Evitar expresiones: “En este artículo se presentan o discuten...”

Generalmente los aspectos relacionados con el resumen suelen estar limitados por las normas editoriales. Normalmente no debe superar las 250 palabras y tampoco ser inferior a 150 e incluir una traducción al idioma inglés.

Al final del resumen deben incluirse una serie de términos denominados “Palabras clave” (Key words) por las que el artículo será incluido en los Thesaurus y bases de datos. La búsqueda en los bancos de bibliografía suele realizarse precisamente por estas palabras clave, siendo importante elegir las adecuadamente. Habitualmente se incluyen los taxones estudiados (de mayor a menor rango), el campo de estudio y las regiones geográficas estudiadas (de menor a mayor rango). El número indicado es de 3 a 8 palabras clave o frases cortas (lexemas) y la primera letra de la primera palabra clave en mayúscula. Ordenarlas por orden de importancia.

1. Introducción

Describe el interés que tiene el tema en el contexto científico del momento, así como una breve reseña del estado actual de los conocimientos en este campo, incluyendo las referencias bibliográficas más importantes. Además, se refiere a los trabajos previos que se han hecho sobre el tema. No necesariamente debe ser muy extensa y debe responder a la pregunta de “porqué se ha hecho este trabajo”. La Introducción es una revisión bibliográfica previa, en la cual todas las afirmaciones van sustentadas por citas bibliográficas, pero no debe confundirse con la introducción de la tesis u otros documentos. Hay que tener presente que el último párrafo se resume el objetivo del estudio. La introducción hace las funciones de revisión

de literatura, la cual debe incorporarse al texto según las normas técnicas vigentes del IICA.

2. Materiales y Métodos

En esta sección se responde a la pregunta de “cómo se ha hecho el estudio” y es la escritura del diseño de la investigación la cual debe incluir la ubicación de la investigación en espacio y tiempo, condiciones climáticas y de suelo, las unidades en estudio, la toma de datos, estudios económicos, el análisis estadístico (variables en estudio, modelos y pruebas estadísticas). Los métodos establecidos y bien conocidos se indican mediante citas bibliográficas. Se detalla el uso de productos químicos (nombres genéricos) y datos de dosis. Para los equipos de presión, se debe señalar tipo, marca y modelo.

3. Resultados y Discusión

Es la presentación ordenada de los hallazgos que es la verdadera contribución de la investigación. Se pueden presentar en el textos, cuadros, figuras o ilustraciones, para ello hay que utilizar el medio más claro, adecuado y económico. Se debe tener el cuidado de citar dentro del texto las figuras, cuadros o ilustraciones. La secuencia de redacción no tiene por que ser necesariamente cronológica, sino la que permita una exposición más coherente y clara de los resultados obtenidos. Deben expresarse los resultados de los experimentos descritos en Materiales y Métodos sin repetir ambos elementos y ser vistos y entendidos de forma rápida y clara. El primer párrafo debe ser utilizado para resumir en una frase concisa, clara y directa, el hallazgo principal del estudio. Esta sección debe ser escrita utilizando los verbos en pasado. Evitar el uso de voz pasiva (“el ganado lechero se ha considerado...”), mejor usar: “el ganado lechero es considerado...”. No usar expresiones como: “se efectuó una fertilización nitrogenada...”; debemos ser específicos, cambiar el sustantivo y hacerlo verbo, así: “se fertilizo con nitrógeno...”. Las unidades de medida deben estar claras según el Sistema Internacional de Unidades y las abreviaciones totalmente explicativas, según las normas vigentes del IICA. La discusión de los resultados es el examen de los resultados, su significado y limitaciones, enfatiza los aspectos nuevos e importantes de la investigación. Determina la coherencia o contradicción de los datos encontrados. Esta sección es el corazón del artículo y la sección más compleja de elaborar y organizar. Algunas sugerencias que pueden ayudar son: comenzar la discusión con la respuesta a la pregunta de la Introducción, seguida inmediatamente con las pruebas expuestas en los resultados que la corroboran. Comentar claramente, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible. Se contrastarán con los resultados obtenidos en otras publicaciones sobre el tema.

4. Conclusiones

Las conclusiones deben recapitular en forma lógica los resultados obtenidos. Deben ser independientes, concretas y no redundantes. Deben estar basadas en los hallazgos del trabajo, no ser especulativas, ni provenir de la literatura. Deben de estar en concordancia con los objetivos que se plantearon en el proyecto de in-

vestigación. No deben mencionarse cuadros o figuras. No deben confundirse con recomendaciones. No usar números o viñetas.

5. Recomendaciones

Indicar la aplicabilidad de sus resultados y lo que se debe modificar. No usar números o viñetas.

6. Bibliografía

En el artículo científico únicamente se admite relacionar bajo este epígrafe, aquellas referencias bibliográficas que han sido directamente citadas en el texto. Las fuentes citadas deben hacerse de acuerdo a las normas vigentes del IICA. Si hay citas de internet, deberán ser de revistas o textos reconocidos por la comunidad científica internacional y escribirlas según normas técnicas vigentes del IICA. No usar números o viñetas en las bibliografías, únicamente usar letra negrita en autores y año.

7. Agradecimientos (opcional).

Es aplicable a instituciones que apoyaron la investigación.

8. Redacción de cuadros, figuras y texto

Cuadros:

Deben tener un título breve y claro de manera que indique sin dificultad que es lo que se informa en él, debe ser lo más corto y simple posible y deberá estar en la parte superior del cuadro. Para los cuadros que llevan notas al pie del cuadro se hacen con letras más pequeñas que las del texto.

Las siglas y abreviaturas deben escribirse según las normas técnicas vigentes del IICA, de lo contrario deberán ser acompañadas de una nota explicativa al pie del mismo. Los cuadros no deben tener un tamaño mayor de tres cuartos de la página y demasiada información estadística que se tornan incomprensibles y confusos. Se sugiere usar dos números decimales.

Figuras:

Se denominan figuras a los gráficos, diagramas, mapas, fotografías, dibujos manuales e impresiones fotográficas. Los títulos deben de ser concisos y explicativos y se colocan debajo de la figura. Los mapas y dibujos deberán llevar una escala en el Sistema Internacional de Unidades. Las fotografías deben de ser de buena calidad, buena resolución y excelente contraste. La figura deberá ser de alta trascendencia para el artículo, y se identificará con números arábigos según el orden de aparición en el texto.

Texto:

El texto deberá escribirse en una columna, con letra arial normal número 11 a espacio sencillo. El margen izquierdo deberá ser de 3.0 cm. y el derecho, superior e inferior de 2.5 cm. Las páginas se numeran en el lado inferior en el extremo derecho. Se recomienda no unir el número con la abreviación, excepto cuando se trate de porcentajes o grados centígrados. Los números del cero al nueve se escriben con letras, sino son unidades de medida.



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro

Contacto: revista. agrociencia@ues.edu.sv

Editada y publicada por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.