



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año I
No 4





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 Benítez
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 Agrocienza, una publicación de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador.
Febrero-Marzo 2018

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

Desparasitación de nematodos gastrointestinales en ovinos de encaste pelibuey-blackbelly (*Ovis aries* L.) con hoja de Nim (*Azadirachta indica* J.) en el Centro de Capacitación Chinampa, San Salvador, El Salvador. **Pág. 6**

Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en El Salvador. **Pág. 14**

Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. **Pág. 25**

Evaluación de un programa de sincronización e inducción de celos utilizando prostaglandina, GnRH y estradiol, considerando los factores que afectan el desempeño reproductivo en vacas lecheras. **Pág. 36**

Evaluación de dos métodos de micropropagación masal en piña (*Ananas comosus* L. Merr.) variedad Golden. **Pág. 48**



Portada: *Frigga pratensis* (Peckham & Peckham, 1885), araña depredadora de insectos plagas en los cultivos de cafetal en Juayúa, Sonsonate, El Salvador.

Fotografía: Carmen Esmeralda Hernández León, estudiante, en Servicio Social, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES.

Texto: Enrique José Maldonado Santos, Estudiante Escuela de Biología, Universidad de El Salvador (UES).

Esta fotografía forma parte del proyecto de investigación científica “Conservación de recursos fitogenéticos de café y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos de El Salvador frente al cambio climático”, el cual es financiado por USAID a través del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, con Acuerdo de Cooperación Número 0214405-G-2018-003-00 entre Research Triangle Institute (RTI), USA y la Universidad de El Salvador (UES) el cual es coordinador por el Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES).

No 4

Año I

Febrero - Marzo 2018

ISSN 2522-6509

<http://revistas.ues.edu.sv/index.php/agrociencia>

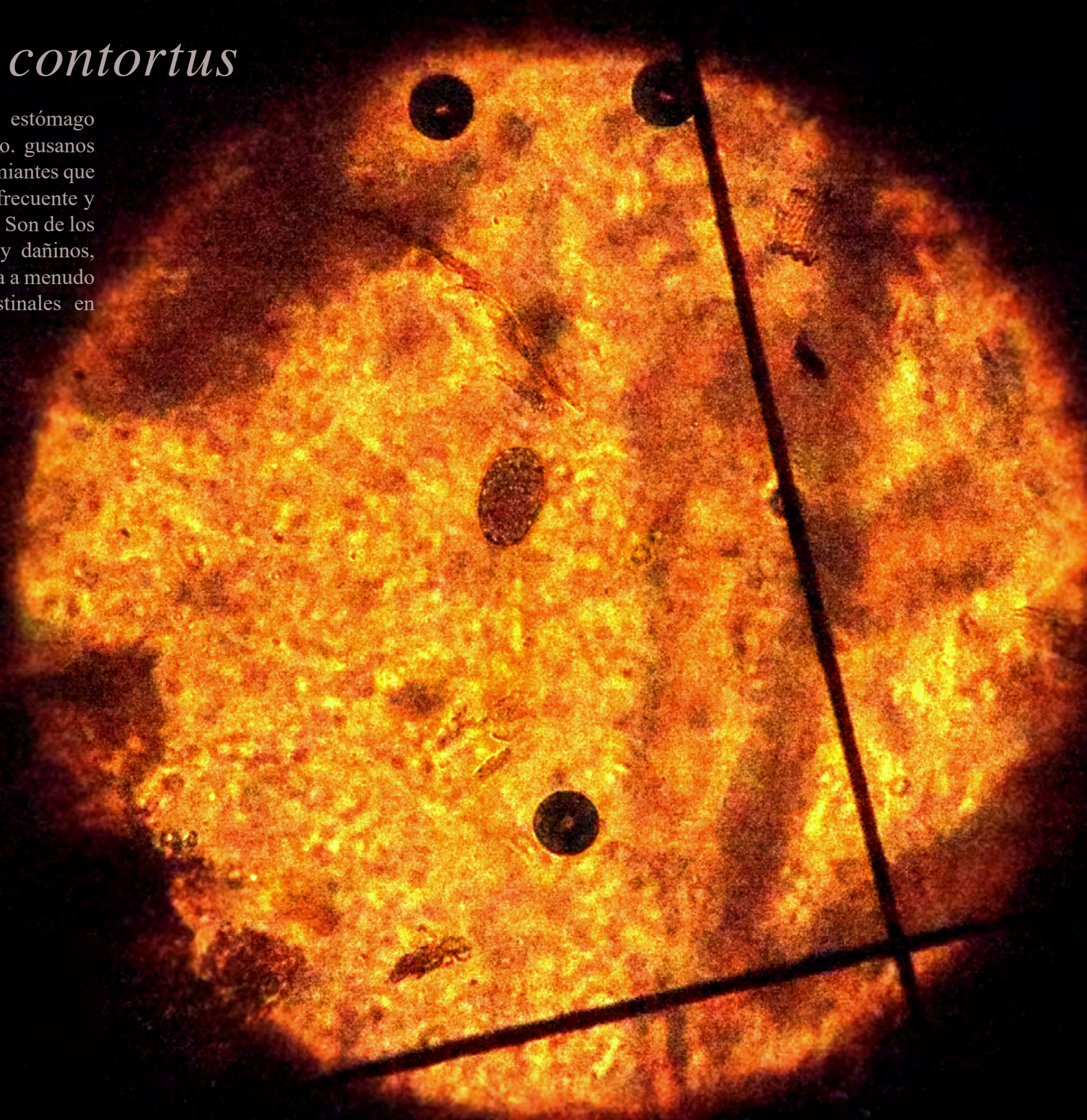
Director- Editor: Carlos Estrada

Correctora de estilo: Yesica Guardado

Haemonchus contortus

Gusanos nematodos parásitos del estómago en el ganado bovino, ovino y caprino. gusanos redondos (nematodos) parásitos de rumiantes que se da en todo el mundo, pero es más frecuente y dañino en regiones cálidas y húmedas. Son de los gusanos intestinales más frecuentes y dañinos, sobre todo para ovinos. Se le encuentra a menudo junto con otros gusanos gastrointestinales en infecciones mixtas

Fotografía: Osegueda Parada MG
Molina Franco KA
Conrado Melgar JJ



Desparasitación de nemátodos gastrointestinales en ovinos de encaste pelibuey-blackbelly (*Ovis aries* L.) con hoja de Nim (*Azadirachta indica* J.) en el Centro de Capacitación Chinampa, San Salvador, El Salvador

Osegueda Parada MG
Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador

Molina Franco KA
Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador

Conrado Melgar JJ
Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador

Ruano Iraheta CE
Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador

Oviedo Zelaya R.
Departamento de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.

Resumen

La investigación se realizó en el Centro de Capacitación Chinampa, San Salvador, El Salvador, en el período de noviembre 2014 a mayo 2015. Se evaluó el efecto de la hoja de Nim (*Azadirachta indica* J.) como desparasitante interno contra nematodos gastrointestinales en ovinos de encaste pelibuey-blackbelly. Se utilizaron veinte ovinos repartidos en cinco bloques con cinco diferentes rangos de edad. Se preparó la infusión de hoja de Nim en dos concentraciones (0.12 % y 0.24 %), y se les suministró por vía oral durante nueve días seguidos (T1 y T2), al tercer tratamiento (T3) se le suministró Levamisol vía oral. Al tratamiento testigo (T0) se le trató con solución salina al 0.9% vía oral. Se tomaron muestras de heces los días 0, 7, 14, 21, 28 y 35 y se realizó la técnica de McMaster para obtener la carga parasitaria. Las variables fueron carga parasitaria, efectividad y peso. Se hizo una comparación de costos. Los resultados y conclusiones fueron: la carga parasitaria disminuyó con la aplicación de infusiones de 0.12% y 0.24% de Nim y levamisol; desde el día 21 al 35, la carga parasitaria fue similar para T1, T2 y T3, y tuvieron efectividades de 88.52%; 92.86% y 96.87% respectivamente. El peso incrementó en todos los tratamientos y no hubo efecto de éstos sobre los pesos finales, pero sí sobre la edad; el peso inicial afectó significativamente los pesos finales, y no tuvo relación con la carga parasitaria. El T3 fue el de costo más elevado, seguido de T2 y el de menor costo fue T1.

Palabras Clave: Nim, desparasitante, nematodo, ovino, levamisol, McMaster.

Abstract

The research was Conducted at the Training Center Chinampa, San Salvador, El Salvador, in the period november 2014 to may 2015. The effect of the sheet was evaluated Nim (*Azadirachta indica* J.), as an internal dewormer against gastrointestinal nematodes in sheep mating pelibuey-blackbelly. Divided into twenty five sheep were used blocks, each of five different age consisting ranges. Nim leaf infusion at two different concentrations (0.12% and 0.24%) was prepared, and supplied to sheep orally for nine consecutive days (T1 and T2), the third treatment (T3) Levamisole was supplied orally. The control treatment (T0), it was fed 0.9% saline orally. Then stool samples on days 0, 7, 14, 21, 28 and 35 for the parasite load were taken, and performing the McMaster technique. The variables were parasite load, effectiveness and weight. A comparison of costs. The findings and conclusions were: the parasitic load decreased with the application of infusions of 0.12% and 0.24% of Nim and levamisole, from 21 to 35, the parasitic load was like for T1, T2 and T3, and had years of 88.52%; 92.86% and 96.87% respectively. The weight increased in all treatments and no effect on the end of these weights, but on age and initial weight, significantly affect the end weights, and was not related to the parasitic load. The T3 was the one who had the highest cost, followed by T2 and T1 was lower cost.

Key Words: Neem, dewormer, nematodes, sheep, levamisol, McMaster.

Introducción

Las parasitosis internas ocasionan graves daños a las limitadas producciones ovinas, disminuyendo su productividad. A esto se une la falta de conocimiento de planes profilácticos y la poca higiene en los lugares en donde se mantienen los animales (Junquera 2007).

En relación a esta problemática fue necesario planificar un adecuado control sanitario para garantizar la prevención y control de las enfermedades parasitarias. Sin embargo, establecer controles profilácticos requiere de inversiones que a la mayoría de los ovinocultores se les dificulta realizar por la carencia de recursos económicos y baja rentabilidad de sus rebaños.

Es bajo esta circunstancia que se consideró la alternativa de utilizar desparasitantes naturales a base del uso de hojas del árbol de Nim (*Azadirachta indica* J.), debido a que en El Salvador es posible obtenerlo, no contamina el ambiente y se evita incurrir en altos costos de desparasitación.

Uno de los primeros ingredientes activos aislados de Nim, ha demostrado ser el agente principal del árbol para luchar contra los insectos y nematodos. La mayoría de los efectos antialimentarios y antihormonales son debidos a este principio activo (Valle Pezzarossi 2011).

En esta investigación se evaluó el efecto de la hoja de Nim como desparasitante interno en ovinos de encaste pelibuey-blackbelly, como una alternativa natural de bajo costo para los ovinocultores de escasos recursos económicos.

Materiales y Métodos

Ubicación

El trabajo de campo se realizó en el Centro de Capacitación Chinampa, ubicado en Km. 14 ½, Carretera de Oro, Cantón Cabañas, Ciudad Delgado, San Salvador, El Salvador. El trabajo de laboratorio se realizó en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ubicado en Calle Antiguo al Matazano, Cantón El Matazano 1, Soyapango, San Salvador, El Salvador.

Duración

La investigación tuvo una duración de seis meses, comprendida de noviembre 2014 a mayo 2015.

Unidades experimentales

Las unidades experimentales fueron veinte ovejas de encaste pelibuey-blackbelly, las cuales fueron seleccionadas al azar y divididas en cinco

bloques, compuestos cada uno por ovejas de diferente rango de edad: De 3 meses a 1 año, >1 a 2 años, >2 a 3 años, >3 a 4 años y > 4 años. Las hojas para la preparación de la infusión de Nim se obtuvieron en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador y posteriormente se preparó dicha infusión, la concentración de cada tratamiento se determinó en base a la cantidad de azadirachtina presente en una hoja de Nim.

Metodología de campo

Se tomaron muestras de heces de los veinte animales en estudio, los cuales se identificaron con listones de tela de diferentes colores: azul (T0), verde (T1), morado (T2) y amarillo (T3), los cuales se ataron al cuello de los animales. Las muestras se analizaron los días 0, 7, 14, 21, 28 y 35, para determinar la carga parasitaria presente en cada animal y el tiempo en que los tratamientos hicieron efecto. Los tratamientos se dividieron de la siguiente manera:

Tratamiento 0: no se aplicó ningún desparasitante, se suministró solución salina al 0.9% vía oral a dosis de 5cc por animal durante nueve días seguidos.

Tratamiento 1: se aplicó un desparasitante interno botánico a base de Nim, al 0.12% con base a la cantidad de Azadiractina presente en 28 gramos de hojas, se suministró por vía oral a una dosis de 5cc por animal, durante nueve días seguidos.

Tratamiento 2: se aplicó un desparasitante interno botánico a base de Nim, al 0.24% con base a la cantidad de Azadiractina presente en 56 gramos de hojas, se suministró por vía oral a una dosis de 5cc por animal, durante nueve días seguidos.

Tratamiento 3: se suministró por vía oral un desparasitante comercial. Principio activo Levamisol (10%), a dosis de 1cc por cada 5 kg de peso vivo del animal (equivalente a 20 mg/kg) en dosis única.

Para la toma de datos se utilizó la cámara McMaster para realizar el recuento de huevos de parásitos gastrointestinales y determinar la carga parasitaria de cada uno de los animales en tratamientos. Los datos se anotaron los días de muestreo establecidos y se expresaron en huevos por gramo de heces. La toma de peso de las ovejas se realizó al inicio y al final de la investigación, y se determinó haciendo uso de una báscula, y se expresaron en kilogramos.

Metodología de laboratorio

Antes de iniciar el experimento se realizó la toma de muestras de heces directamente del recto de veinte ovinos previamente seleccionados, luego se analizaron las muestras en el laboratorio, realizando el examen microscópico, y se utilizó la técnica de flotación para identificar huevos de nematodos, y de este modo se confirmó la presencia de nematodos gastrointestinales. Para el cálculo de la carga parasitaria se realizó el Método de McMaster y se hizo el conteo de huevos de nematodos según las áreas demarcadas en la cámara (Price y Reed 1973) y utilizando la siguiente fórmula: Carga parasitaria (huevos/gramo)= Recuento total de huevos x 100/Número de cámaras.

Metodología estadística

Diseño estadístico

El diseño que se usó fue el de bloques completamente al azar. Se aplicó el análisis de varianza (Cuadro 1). Se utilizaron cuatro tratamientos y cinco bloques cada uno con diferente rango de edad que van: de 3 meses a 1 año, >1 a 2 años, >2 a 3 años, >3 a 4 años y > 4 años. Fue necesario transformar los datos por medio de la fórmula logarítmica y adicionar cien unidades en cada dato para tener distribución normal ($\sqrt{(x + 100) - 1}$) (Cochran y Cox 1965). Para analizar el efecto del peso inicial sobre el peso final, se aplicó el análisis de covarianza.

Prueba estadística

Para los datos de peso y para el conteo de parásitos se usó la prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 2), (Cochran y Cox 1965). Para el análisis de datos se utilizó el programa Infostat versión 2015e (versión estudiantil).

Unidades experimentales

Estas fueron las veinte ovejas de encaste pelibuey-blackbelly, las cuales fueron seleccionadas al azar y divididas en cinco bloques, compuestos cada uno por ovejas de diferente rango de edad: De 3 meses a 1 año, >1 a 2 años, >2 a 3 años, >3 a 4 años y > 4 años (Cuadro 3).

Factores en estudio

Los factores en estudio consisten en dos diferentes concentraciones de la infusión de Nim (0.12% y 0.24%) a utilizar en la investigación.

Cuadro 1. Análisis de Varianza (ANVA).

Factor de Variación	GL	GL
BLOQUE	B-1	5-1= 4
TRATAMIENTO	T-1	4-1 = 3
ERROR	(B-1) (T-1)	12
TOTAL	BT-1	20-1 = 19

Significancia al 5%

Cuadro 2. Contrastes Ortogonales.

Número	Contrastes
C1	T0 – T1, T2, T3
C2	T1 – T2, T3
C3	T2 – T3

Cuadro 3. Descripción de bloques y tratamientos.

BLOQUES	REPETICIONES
BLOQUE 1 (3 meses-1 año)	T0 = testigo
	T1= 0.12% Nim
	T2= 0.24% Nim
	T3= Levamisol 10%
BLOQUE 2 (>1-2 años)	T0 = testigo
	T1= 0.12% Nim
	T2= 0.24% Nim
	T3= Levamisol10%
BLOQUE 3 (>2-3 años)	T0 = testigo
	T1= 0.12% Nim
	T2= 0.24% Nim
	T3=Levamisol 10%
BLOQUE 4 (>3-4 años)	T0 = testigo
	T1= 0.12% Nim
	T2= 0.24% Nim
	T3= Levamisol10%
BLOQUE 5 (>4 años)	T0 = testigo
	T1= 0.12% Nim
	T2= 0.24% Nim
	T3= Levamisol10%

VARIABLES EN ESTUDIO

Carga parasitaria (huevos/gramo de heces)

Efectividad (%). Se determinó mediante el uso de la fórmula:

$(\text{Carga parasitaria inicial} - \text{carga parasitaria final} / \text{carga parasitaria inicial}) \times 100$ (Aguirre *et al.* 2007)

Peso del animal (kg)

METODOLOGÍA SOCIOECONÓMICA

Se hizo una comparación de costos, la cual, se basó en los precios de venta del Levamisol en el mercado, sumado a esto el costo de las jeringas y costos de aplicación, en relación a los costos de obtención, elaboración y aplicación del producto natural a base de Nim, además de la mano de obra, materiales, y energía eléctrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARGA PARASITARIA

Las cargas parasitarias disminuyeron con la aplicación de infusiones de 0.12% (T1) y 0.24% (T2) de Nim y con levamisol (T3) del día 0 hasta el día 35 (Fig. 1). Hubieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en los días 7, 14, 21, 28 y 35. Para el día 7, la carga del T3 disminuyó con respecto a los otros tratamientos, para el día 14, todos los tratamientos tuvieron menor carga que el testigo, aunque hubo diferencias entre ellos, el T3 fue el de menor carga. A partir del día 21 hasta el 35, los efectos de T1, T2 y T3 fueron similares y significativamente mejores al testigo. No se encontraron diferencias en las cargas parasitarias por efecto de la edad (Bloque) antes o después de las infusiones (Fig. 2). El efecto del levamisol se observó a partir del día 7, el cual posiblemente fue causado por la rápida absorción del principio activo en la sangre y su distribución inmediata por todo el cuerpo (Meyer Jones 1959). T1 y T2 también redujeron la carga parasitaria de los pelibueyes, y esta disminución fue similar a la del levamisol a partir del día 21, probablemente debido al contenido de azadiractina en los extractos de Nim, la cual repele y reduce la alimentación de muchas especies de nematodos y además reduce la síntesis de ecdisoma (Rusking 1992). Los tratamientos con Nim produjeron una reducción un poco más tardía de los recuentos.

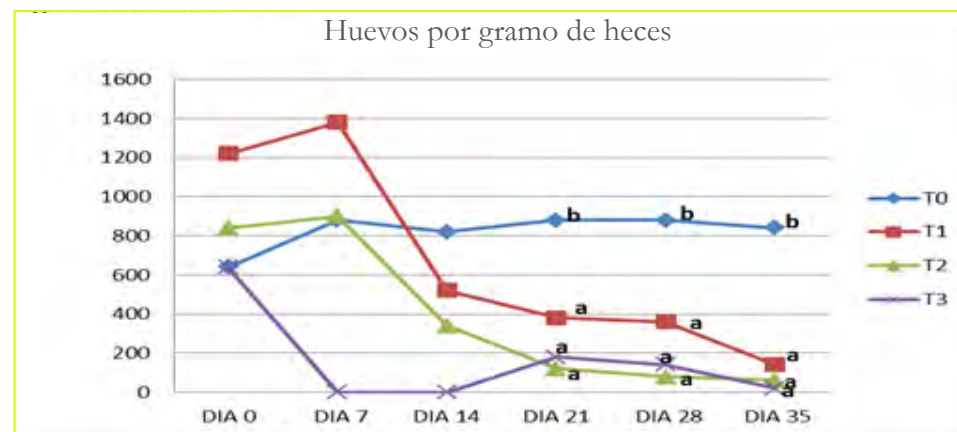


Figura 1. Promedio de carga parasitaria por tratamiento por semana. T0 = testigo, T1= infusión de 0.12% de nim, T2= infusión de 0.24% de Nim y T3= 20 mg./Kg. de PV de levamisol. Las letras a, b, c, d indican diferencias estadísticas significativas a $P < 0.05$.

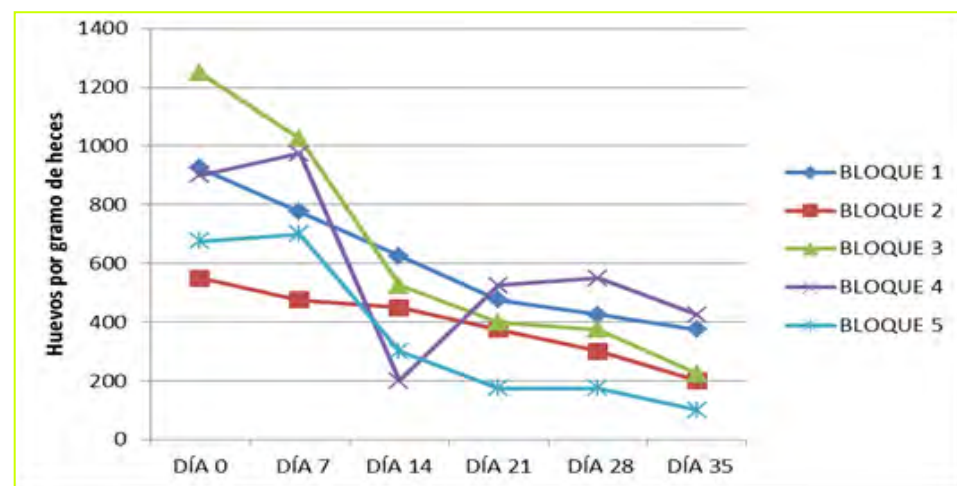


Figura 2. Promedio de carga parasitaria por bloque por semana. Bloque 1= 3 meses a 1 año, Bloque 2 = >1 año a 2 años, Bloque 3= >2 años a 3 años, Bloque 4= >3 años a 4 años y Bloque 5 = >4 años. Efectividad.

La efectividad de los tratamientos en la disminución de las cargas parasitarias al día 35 se presenta en la Figura 3. Los tratamientos con 0.12% (T1) y 0.24% (T2) de Nim y levamisol (T3) tuvieron efectividades de 88.52%; 92.86% y 96.87% respectivamente.

Estos resultados muestran que el extracto de hojas de Nim en las concentraciones usadas en este experimento, son eficaces para controlar las poblaciones de nematodos de forma equivalente al uso de levamisol, pero con la ventaja que es un producto localmente disponible y de bajo costo.



Figura 3. Efectividad de los tratamientos. Efectividad = (Carga parasitaria inicial – carga parasitaria final / carga parasitaria inicial) x 100.

Peso del animal (kg)

Los pesos vivos de los animales al inicio (día 0) y al final del experimento (día 35), se presentan en la Figura 4, en los cuales se observó que hubieron incrementos de peso en todos los tratamientos a lo largo del periodo experimental de entre 2.58 kg y 6.83 kg (73.71 y 195.14 gramos/día). El análisis mostró que no hubo efecto de los tratamientos sobre los pesos finales, mientras que sí hubo efecto de la edad ($P < 0,05$), y que la covariable peso inicial, afectó significativamente los pesos finales ($P < 0,05$).

Se analizó el efecto del peso inicial sobre la carga parasitaria y no se encontró relación, es decir que independientemente del peso al inicio del experimento, los animales tuvieron cargas parasitarias similares por gramo de heces analizado. Probablemente los animales mayores tengan un mayor número total de nematodos y huevos (Morales *et al.* 2011). Se ha descrito que el uso de Nim como desparasitante no afecta el funcionamiento ruminal, digestión y crecimiento en cabras (Rodríguez Vivas 2000).

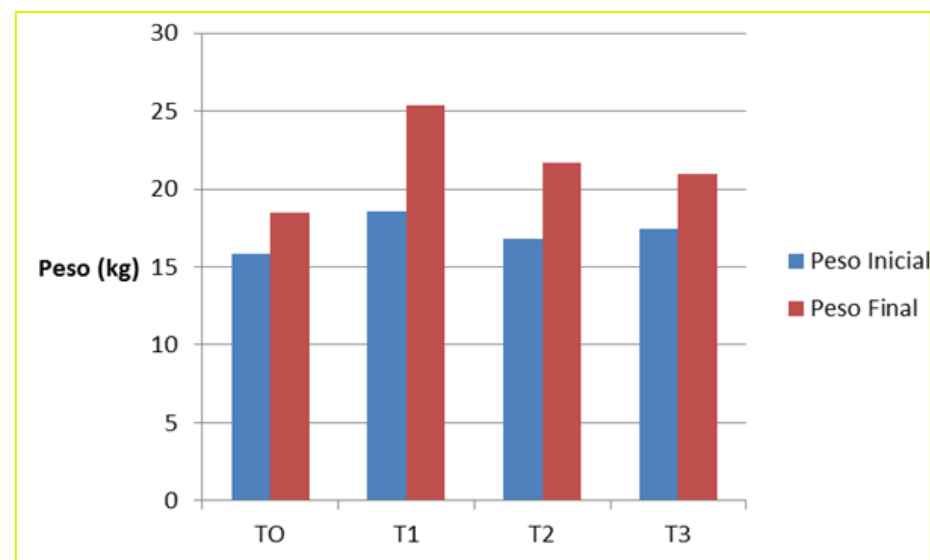


Figura 4. Promedio de pesos iniciales y finales.

El efecto del peso inicial sobre el peso final se puede explicar considerando que los animales más jóvenes y de menor peso pudieron tener incrementos de peso absoluto menores. A pesar que los cambios relativos a su propio peso fueron mayores que los animales de mayor tamaño.

Comparación económica

Se analizaron los costos de mano de obra y elaboración de la infusión de Nim al 0.12% y 0.24% por animal durante nueve días, además de los costos del producto comercial (Levamisol al 10%) por un día, al igual que para la solución salina al 0.9% por animal durante nueve días, costos de aplicación y costos totales por cada tratamiento (Cuadro 4).

El costo de mano de obra por elaboración de la infusión de Nim al 0.12% y al 0.24% fue de \$0.39, para los nueve días que se suministraron los tratamientos, incluyendo el uso de energía eléctrica. El desparasitante comercial fue el que tuvo el costo más elevado con \$5.00 (por 5 animales) en comparación con el resto de tratamientos. Los costos de aplicación para cada tratamiento, dependieron de los días de aplicación. El testigo, y las dos concentraciones de Nim, fueron aplicados por nueve días seguidos, teniendo un costo de \$4.50. El desparasitante comercial (Levamisol) fue aplicado en dosis única, con un costo de \$0.50. El tratamiento de menor costo fue la infusión de Nim al 0.12%, con un costo de \$5.14.

Cuadro 4. Comparación de costos por tratamiento.

TRATAMIENTOS	T0 (Sin Salina al 0.9%)	T1 (Infusión de Nim al 0.12%)	T2 (Infusión de Nim al 0.24%)	T3 (Desparasitante comercial)
Costo de mano de obra por elaboración del producto (USD)	N.D	0.39	0.39	N.D
Costo del producto durante su aplicación (USD).	0.68	0.25	0.50	5
Costo por aplicación del producto (USD)	4.50	4.50	4.50	0.50
Costos totales por tratamiento (USD)	5.18	5.14	5.39	5.50

N.D = No disponible

Conclusiones

Los tratamientos con 0.12% y 0.24% de extracto de Nim y 20 mg/kg de levamisol en forma oral, reducen los recuentos de huevos de nematodos en las heces de pelibueyes. El levamisol disminuyó drásticamente los recuentos el día 7 pos tratamiento, mientras que las infusiones de Nim lo hicieron desde el día 21, manteniéndose bajas hasta el día 35. La edad de los animales no tiene efecto sobre las cargas parasitarias antes ni después de los tratamientos.

Los tratamientos tanto con Nim como con levamisol tuvieron una alta efectividad (mayor de 85%) en disminuir las cargas parasitarias a los 35 días mientras que en el testigo incluso se incrementaron.

Estadísticamente los pesos iniciales no estuvieron relacionados con la carga parasitaria, pero sí con el peso final de los ovinos.

Según la comparación de costos, al final del experimento el tratamiento con menores costos totales fue la infusión de Nim al 0.12%, luego la infusión de Nim al 0.24%, y finalmente el desparasitante comercial, el cual resultó con los costos más elevados.

Recomendaciones

Elaborar y aplicar la infusión de hoja de Nim al 0.24% y 0.12% como una alternativa natural de desparasitante interno de ovinos en dosis de 5 ml por vía oral, por 9 días, por ser efectivas y económicas para los ovinocultores de limitados recursos económicos.

Llevar a cabo investigaciones con las mismas concentraciones de Nim, en animales que presenten parasitosis severas y periodos más largos de tiempo,

para evaluar mejor los efectos de la hoja de Nim, con la carga parasitaria en los pesos finales, realizando exámenes coprológicos para monitorear el estado parasitario de los animales y determinando los tiempos de protección.

Realizar estudios sobre el uso de Nim como desparasitante externo, vías de aplicación y diferentes dosis.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó gracias a la colaboración de la Ingeniera Ruby Iglesias Benítez, Coordinadora de Chinampa.

Bibliografía

- Aguirre, JL; Demedio, J; Roque, E. 2007. Eficacia de las tiras de Apistan nuevas y reutilizadas por una vez, en Baja California Sur, México. no. 2:29. p. 123-127.
- Cochran, WG; Cox, GM. 1965. Diseños experimentales. Ed. Distrito Federal, MX, Editorial F. Trillas. 457 p.
- Junquera, P. 2007. Parasitopedia: Parásitos del ganado, perros y gatos. (en línea). Madrid, ES Consultado 15 jun. 2014. Disponible en http://parasitopedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=414&Itemid=349
- Meyer Jones, L. 1959. Farmacología y terapéutica veterinarias. Trad. MT Toral. Ed. Distrito Federal, MX, Editorial UTEHA. p. 508-512.
- Morales Cruz, PA. 2005. Comparación de la eficacia de Ivermectina, Doramectina y Moxidectina sobre nemátodos en equinos de 3 a 18 años pertenecientes a un haras de la décima región. Tesis Lic. Chillan, CL. Universidad de Concepción. 37p. (en línea). Consultado 12 jul. 2014. Disponible en http://www.bibliodigital.udec.cl/sdx/UDEC4/tesis/2005/morales_p/doc/morales_p.pdf
- Price, CJ; Reed, JE. 1973. Parasitología práctica: Técnicas generales de laboratorio y protozoarios parásitos. Trad. R Palazón. Distrito Federal, MX, Editorial Herrero. p.74-77.

Rodríguez Vivas, EJ; Salazar Cerda, MN. 2000. Efectos de la utilización de la hoja de Nim (*Azadirachta indica*), en relación al Levamisol como desparasitante interno en cabras nubias en el Centro de Experimentación y Capacitación agropecuaria (CECA), Granada, Nicaragua. Tesis Ing. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 88 p. (en línea). Consultado 25 jun. 2014. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/TNL72R696.pdf>

Rusking, FR. 1992. *Neem: A Tree for Solving Global Problems* Natural Academy Press. 2 ed. Washington, US, s.e., p. 23, p. 31-36.

Valle Pezzarossi, A. 2011. Eficacia de la infusión de la hoja de *Neem* (*Azadirachta indica*) administrado por vía oral para el control de *Oxyuris equi* en caballos. Tesis Lic. Guatemala, GT. Universidad de San Carlos de Guatemala. 38p.



Fotografía: Yesica Guardado

Estudiante de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en laboratorio. Fotografía tomada durante la investigación “Identificación de *Trichinella* spp. en cerdos faenados en el rastro de San Salvador, El Salvador”.



Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en El Salvador

Méndez-Cárcamo ME

Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Departamento de Recursos Naturales, Universidad de El Salvador.
E-mail: mmendez.chefra@gmail.com

García-Martínez JB,

Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Departamento de Recursos Naturales, Universidad de El Salvador.
E-mail: 2010jbgm@gmail.com

López-de-Esquivel PM

Tutora Externa, Laboratorio de Tecnología de Alimentos,
Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova".
E-mail: patydeesquivel@gmail.com

Alfaro-Medina RA

Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Departamento de Recursos Naturales, Universidad de El Salvador.
E-mail: rafael_antonio100@hotmail.com

López-Landaverde RA

Docente Director, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Departamento de Recursos Naturales, Universidad de El Salvador.
E-mail: agrorey@hotmail.com

Rodríguez-Guardado AM.

Tutora Externa, Laboratorio de Tecnología de Alimentos,
Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova".
E-mail: amarguardado@gmail.com

Resumen

La investigación se ejecutó en el periodo de agosto 2015 a febrero 2016; se desarrollaron formulaciones a partir de 70% cereales y 30% leguminosas, hasta definir una formulación aceptable sensorial y nutricionalmente, esta etapa se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LTA) del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Una vez definida la formulación se evaluó bromatológicamente y se comparó con las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). El estudio de aceptación se hizo con 345 estudiantes pertenecientes al Programa de Apoyo a Comunidades Solidarias de El Salvador (PACSES) del Ministerio de Educación (MINED) en el municipio de Apopa, se utilizó la prueba hedónica de escala facial y se comprobó estadísticamente a través de la prueba cuantil. Se determinó la vida útil de la bebida nutritiva instantánea mediante los parámetros: actividad de agua, porcentaje de humedad, índice de peróxido, determinación de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras

y análisis sensorial. Se desarrolló una bebida nutritiva instantánea con 40% sorgo, 26% arroz y 34% soya, económicamente accesible (\$0.036 por ración de 32 g), con aceptabilidad de 88.7% en niños y excelente fuente de proteína, fósforo, potasio y zinc, y una vida útil de 71 días a temperatura ambiente en empaque de Polipropileno biorientado metalizado (BOPP).

Palabras clave: Bebida, nutritiva, Programas, alimentación, Vida, útil, cuantil, hedónica.

Abstract

This research was carried out from August 2015 to February 2016. It developed formulations from 70% cereals and 30% legumes, in order to define a sensory nutritionally acceptable formulation, this phase was performed in the Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LTA) of the Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Defined the formulation was bromatologically assessed and compared to Recommended Dietary Allowance (RDA) from the Instituto de Nutrición de Centroamérica

por Panamá (INCAP). The acceptance study was performed with 345 students from Programa de Apoyo a Comunidades Solidarias de El Salvador (PACSES) of Ministerio de Educación (MINED) in the municipality of Apopa, we used hedonic facial test scale was and tested statistically using quantile test. The shelf-life of the drink was determinate measuring the following parameters: water activity, moisture content, peroxide index, determination *Escherichia coli*, *Salmonella* sp, *Staphylococcus aureus*, fungi and yeasts, and sensory analysis. Results: It developed a instant drink with 40% sorghum, 26% rice and 34% soybean, with a cost of \$ 0.036 per serving of 32 g, with 88.7% of acceptability in children this formulation presents excellent source of protein, phosphorus, potassium and zinc, and a shelf-life evolved 71 days at room temperature in packaging metallized biaxially oriented polypropylene (BOPP) packing.

Key words: Nutritious, drink, Feeding , shelf-Life, Test, quartiles, Hedonic.

Introducción

Un 45.3% de la población salvadoreña vive en la pobreza, reveló la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en su informe anual Panorama Social de América Latina 2013, en El Salvador la pobreza afecta principalmente a la niñez y es uno de los seis países latinoamericanos con mayor pobreza infantil total, un 72% de los niños vive en esa condición. (Pastrán 2013).

La condición de pobreza afecta principalmente la seguridad alimentaria incidiendo negativamente en la salud infantil. Según el Banco Mundial (s.f.) en El Salvador el 21% de los niños menores de cinco años tiene retraso en el crecimiento, el 6% tienen peso inferior al normal y el 38% de los niños entre seis y 24 meses sufren de anemia a causa de las prácticas deficientes de alimentación y el acceso limitado a una alimentación nutritiva.

La etapa de la adolescencia comprende de los diez a 19 años y se caracteriza por un acelerado crecimiento y desarrollo en el nivel fisiológico, psicosocial y cognoscitivo. Las necesidades nutricionales en adolescentes dependen de los fenómenos normales de la pubertad asociados a la maduración sexual y al crecimiento acelerado, en esta etapa de la vida, que influyen en la velocidad de ganancia de peso y talla, los cuales ejercen una influencia importante en los requerimientos de nutrientes y se caracteriza por un incremento del apetito (MINSAL 2009).

El gobierno salvadoreño para enfrentar la situación de desnutrición que sufre la población infantil ha adoptado programas de alimentación y educación nutricional en los que se encuentra el Programa de Alimentación y Salud Escolar (PASE) y PACSES, que son apoyados por el MINED, orientados a complementar los requerimientos diarios de micronutrientes que los escolares necesitan para su desarrollo y que no se encuentran en cantidad suficiente en la dieta que consumen. Además, el CENTA ejecutó el proyecto “CENTA PACSES” en el que brindó transferencia de tecnología en seguridad alimentaria y capacitaciones para la implementación de huertos escolares y familiares.

Para la elaboración de dietas alimentarias para niños y jóvenes, es de suma importancia basarse en Índices Dietéticos de Referencia (IDR). En la investigación se han tomado como base las RDD para el desarrollo de una fórmula de bebida nutritiva instantánea. Las RDD son uno de los cuatro valores de IDR elaboradas por el INCAP y se definen como la cantidad de un nutriente que se considera apropiada para cubrir los requerimientos nutricionales de casi todos los individuos (98%) de un grupo homogéneo de población sana de igual edad, sexo y con condiciones fisiológicas y estilo de vida similares; por lo tanto su aplicación es esencialmente colectiva (INCAP 2012).

Inestroza (2003) desarrolló una formulación a partir de las RDD para niños en edad escolar, de la cual los resultados fueron favorables ya que la bebida instantánea aporta energía, proteína, calcio, zinc y vitamina C concluyendo que la bebida es una alternativa para los programas dedicados a mejorar la salud y el desempeño escolar por su valor nutritivo, facilidad de preparación, con bajo costo y una aceptación excelente (4.9 sobre 5.0) evaluada con 260 escolares.

Cerezal *et al.* (2011) desarrolló una bebida de alto contenido proteico a partir de la mezcla de los extractos líquidos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y de dos plantas leguminosas: algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stunz) y lupino (L.), saborizándose con pulpa de frambuesa, para contribuir en la alimentación de niños entre 2 y 5 años de estrato socio-económico bajo con deficiencias nutricionales. Se realizaron pruebas físicas, microbiológicas y de aceptación sensorial. La evaluación sensorial se realizó ofreciendo la bebida a la aceptación de 15 niños de 2 a 5 años (previamente entrenados con productos conocidos), mediante la cartilla de evaluación del “Estado Facial”. La formulación A la aceptación de la bebida fue del 80%, mientras que la formulación B sólo alcanzó el 40%.

Con este trabajo de investigación, se espera beneficiar a la población escolar que forme parte de los programas de alimentación de El Salvador, ya que se ofrece una nueva alternativa de bebida producida localmente, con características fisicoquímicas, nutritiva y sensorialmente aceptable. Por otra parte se espera que los productores de sorgo, arroz y soya, sean beneficiados, ya que al incrementar la demanda de los granos, podrán obtener mejor precio, además habrá menos fuga de divisas por la importación de bebidas instantáneas.

El objetivo de la investigación fue el desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya como una alternativa de alimento aceptable por la población escolar de los programas de alimentación en El Salvador.

Materiales y Métodos

Descripción del estudio

El estudio se realizó de agosto 2015 a enero 2016 y se desarrolló en tres etapas. La primera consistió en la formulación y desarrollo de la bebida nutritiva instantánea, durante los meses de agosto y septiembre 2015. Se seleccionó y preparó la materia prima, se formuló en diferentes proporciones hasta obtener una bebida aceptable sensorial, nutricional y económicamente. La segunda consistió estudio de aceptabilidad a través de pruebas hedónicas, que se realizaron con una muestra de estudiantes de centros Escolares beneficiados con el PACSES en el departamento de San Salvador, efectuándose en el mes de octubre 2015. En la tercera se determinó la vida útil del producto, realizando diversos análisis de noviembre 2015 a enero 2016.

Procesamiento de granos a harinas

Limpieza y selección de granos: se eliminó materia extraña (tierra, piedras, hojas, palos, entre otros), granos picados y dañados. Además, se determinó el porcentaje de humedad.

Pesado: se realizó después de la inspección con la finalidad de determinar el rendimiento de grano a harina y costos de producción.

Lavado de grano: los granos de sorgo y soya se lavaron con agua potable para remover las impurezas y se descartaron los granos flotantes por ser de baja calidad. Los granos de arroz no se sometieron a este paso para evitar la pérdida de las vitaminas del grupo B.

Desinfección: se sumergieron los granos en solución de hipoclorito de sodio a 200 partes por millón (ppm) durante cinco minutos luego se enjuagó con

agua hervida para retirar la solución desinfectante.

Blanqueo del grano de soya: se hizo una solución al 0.5% de bicarbonato de sodio a temperatura de 95°C en la que se agregó el grano y se mantuvo en cocción durante 10 minutos.

Descascarado: por fricción manual de los granos de soya se desprendió la cascara y se eliminó completamente por decantación y lavados sucesivos.

Tostado de granos: se realizó en un horno HOBART modelo CN85 a una temperatura de 145°C durante 60 minutos en esta etapa hubo cambio de color en el grano y desarrollo de aroma.

Molienda de granos: se utilizó el molino modelo Ewing CTI, en el que se hicieron 6 moliendas para obtener el tamaño de partícula deseado.

Tamizado de harinas: se utilizó un tamiz mesh 40 (0.4 mm) y posteriormente un tamiz mesh 60 (0.25 mm) para uniformar el tamaño de partículas y garantizar que el 100% de la bebida nutritiva instantánea tuviera 0.25 mm.

Mezclado: se pesaron las harinas de acuerdo a los porcentajes de cada formulación y se mezclaron en bolsa plástica de 25 lb.

Las harinas se procesaron en tres lotes, en el primero se empacaron las harinas por separado en bolsas plásticas poliestireno de 25 lb para utilizarlas en las formulaciones de bebidas. En el segundo y tercer lote se empacaron en bolsas de Film de Polipropileno Biorientado (BOPP) de doble capa metalizado para la protección contra la humedad, oxígeno y luz, en cantidades de 200 y 454 g de bebida. Para el sellado se utilizó una selladora Modelo: PFS-200 (Plastic Film Sealer).

Formulaciones de las bebidas nutritivas instantáneas

Los parámetros que determinaron la formulación final fueron: nutricional considerando un aporte de proteínas y micronutrientes que son las principales deficiencias en los niños y que cumpliera parte de las RDD, además que el panel sensorial entrenado aprobaran las características sensoriales cualitativamente de la bebida nutritiva instantánea siendo el sabor, textura y olor los determinantes; en el costeo se buscó tener un producto menor a \$0.05 por ración de 32g de bebida nutritiva instantánea en polvo.

La Fórmula 1 (Cuadro 1) se elaboró basándose en las recomendaciones de la investigación realizada por Bressani citado por Zambrano *et al.* (2013) donde lo ideal es formular con 70% de cereales y 30% de leguminosas. También se calculó el aporte nutricional teórico tomando de referencia el componente nutricional de 100 g de porción comestible mediante las

tablas del INCAP (2012). La Fórmula 1 se evaluó sensorialmente por siete panelistas entrenados en desarrollo de productos del LTA-CENTA, la ración de bebida fue de 8 g reconstituida en 50 ml de agua a temperatura ambiente y una hoja de catación, la fórmula presentó características organolépticas no aceptables.

Se elaboró la Fórmula 2 (Cuadro 1), esta presentó mejores características organolépticas pero no las suficientes para ser aceptada. Se hizo una nueva formulación de materias primas y se obtuvo la Fórmula 3 (Cuadro 1), se evaluó sensorialmente y tuvo buena aceptación, por lo que se prosiguió a calcular los componentes nutricionales teóricos y se comparó con los RDD.

Se hizo un costeo del producto usando la Fórmula 3 considerando una producción diaria de 1000 unidades de 454 g de bebida nutritiva instantánea en polvo, los precios de los granos se obtuvieron del Informe Diario de Precios de Productos Agropecuarios que publica el MAG en la División de Estadísticas Agropecuarias: Área de Investigación de Precios de Mercado. Para el costo de producción se consideró el pago diario de la mano de obra basado en el salario mínimo. En los servicios de agua y energía eléctrica, se consideró la tarifa para establecimientos industriales de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) y la de AES EL SALVADOR respectivamente.

Cuadro 1. Composición de las formulaciones.

Materias primas	Fórmula 1 (%)	Fórmula 2 (%)	Fórmula 3 (%)
Harina de sorgo	50	40	40
Harina de soya	30	30	34
Harina de arroz	20	30	26

Estudio de Aceptabilidad

Para el estudio de aceptación mediante muestreo multietápico se seleccionó la muestra, el programa fue el PACSES trabajando en las escuelas del municipio de Apopa, del departamento de San Salvador, para el levantamiento de datos por afijación proporcional se dividió la muestra en los Centros Escolares y por afijación simple se determinó el número de estudiantes de cada nivel académico a evaluar y en los grados se seleccionó una muestra al azar (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de la muestra en los Centros Escolares.

Centros Escolares	Fecha visita	Muestra mínima/grado	Grados evaluados	Total niños
Centro Escolar Benjamín Bloom	05 de oct. 2015	19	1°- 6°	117
Centro Escolar Caserío Suchinanguito	07 de oct. 2015	7	1°- 6°	42
Complejo Educativo Ingeniero Guillermo Borja Nathan	07 de oct. 2015	21	2°- 7°	127
Centro Escolar La Ponderosa	13 de oct. 2015	8	1°- 3° y 7°- 9°	59
			Total	345

Para el muestreo los estudiantes se trasladaron a un área para que se enfocaran en la evaluación sin interferencias, se dio a conocer el objetivo de la investigación y se instruyó para el llenado de la escala hedónica gráfica de cara sonriente de 5 puntos y la manera de degustar la bebida, consecutivamente se procedió con el siguiente grupo, el estudio se desarrolló de la misma forma en cada Centro Escolar.

Se tabularon los resultados de la prueba de aceptación en el programa SPSS Statistics versión 22, los datos ingresados al programa fueron: edad, grado y el valor asignado a la aceptación. Se elaboraron tablas resumen de estadísticas de la prueba, mientras que la comprobación de la prueba de cuantil se realizó manualmente.

Los datos generados en la investigación fueron de carácter binomial y no paramétricos, por lo que se analizarán mediante la prueba de cuantil en donde la hipótesis estadística que demostrara la aceptación de los estudiantes:

$$H_0: \text{cuantil } 3 \leq 3$$

$$H_a: \text{cuantil } 3 > 3$$

En donde:

H_0 : hipótesis nula

H_a : hipótesis alterna

3: Escala de aceptación de la bebida nutritiva instantánea (Me gusta)

Se rechaza H_0 cuando $T < t$ siendo:

T = el número de pruebas con aceptación con odie, No me gusto e Indiferente

t = valor de tablas o calculado. Debido a que tablas para datos binomiales existen hasta para un “n” de 20 y arriba de este valor se comportan los datos de una forma normal. Los datos se analizaron de una forma normal, mediante la ecuación (Conover1971):

$$t_1 = np * + w_{0.05} \sqrt{np * (1 - p *)}$$

Dónde: t_1 : posición en donde se encuentran los datos de interés

n: número de datos de estudio

p: probabilidad

$w_{0.05}$: región de tamaño crítico.

Donde: $t = np * + w_{0.05} \sqrt{np * (1 - p *)}$

$$t = 345 * 0.25 + 1.645 \sqrt{345 * 0.25(1 - 0.75)} = 73.019$$

Análisis bromatológico

El análisis bromatológico fue realizado en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de CCAA de la UES y en el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, siguiendo las marchas del AOAC (1980); se tomó al azar una muestra de 200 g de bebida nutritiva instantánea, se determinó el porcentaje de humedad por el método gravimétrico, el análisis proximal de: proteínas, grasas, fibra cruda y ceniza, por el método Weende y por diferencia los carbohidratos. Los minerales: calcio, hierro, zinc, sodio, magnesio y potasio y fósforo se determinaron por el método de espectrometría de absorción atómica.

Para interpretar los datos del análisis bromatológico se utilizó la sección de Declaraciones de Propiedades Saludables del OSARTEC (2010), que menciona que el sustento técnico debe ser suficiente para demostrar el tipo de efecto que se declara y su relación con la salud y además, el estudio se eligieron las RDD desarrolladas por el INCAP para niños en edad escolar desde 7 años a 17.9 años para calcular el porcentaje del valor de referencia del nutriente (% VRN).

Metodología del estudio de vida útil

La prueba de vida útil se basó en la información de Yasufumi (2015) Manual para el desarrollo de las mercancías de los alimentos procesados locales para “Un Pueblo Un Producto”

Periodo del estudio de vida útil de la bebida nutritiva instantánea.

Para definir el periodo de evaluación de la vida útil se consideró la investigación desarrollada por Valle (2016) que reporta que la bebida sorgo soya (proporción 1:1) tuvo una vida útil de 20 días. Además se conoce que en el PASE entrega bebida a los Centros Escolares cada 40 días aproximadamente según Santos (Com. Pers. 2015), considerando estos factores se estableció que la expectativa de vida útil de la bebida nutritiva instantánea es de 60 días.

Para definir el periodo de evaluación de la vida útil, de acuerdo a criterio de Yasufumi (2015), se determina en base a la fórmula siguiente:

Periodo de evaluación de vida útil = Tiempo de vida estimado X Factor de seguridad

Dónde:

Tiempo de vida estimado: 60 días

Factor de seguridad: 1.3

60 días (Tiempo de vida estimada) X 1.3 (Factor de seguridad) = 78 días

Condiciones de almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento a las que se sometió la mezcla para el estudio fueron:

Se empacó en bolsas metalizadas de polipropileno biorientado (BOPP).

Se utilizó una caja de cartón corrugado como empaque secundario.

Se almaceno en el LTA-CENTA a temperatura ambiente (26-30 °C aproximadamente).

Parámetros evaluados para determinar la vida útil

El periodo teórico de la vida útil fue de 78 días, en el que se realizaron y planificaron los análisis sensoriales, físico-químicos y microbiológicos, que determinaron el tiempo de vida útil de la bebida nutritiva, ya que uno de los indicadores sobrepaso el valor límite de aceptabilidad planteado.

Análisis sensorial

Por evaluaciones sensoriales de un panel del LTA-CENTA, se midieron los cambios en las características organolépticas de la bebida nutritiva. Para cada análisis se le entregó un instrumento para registrar las características organolépticas y 50 ml de bebida reconstituida en un vaso transparente y con 12° Brix a cada uno de los panelistas. Tras obtener las evaluaciones sensoriales se promediaron y unificaron los datos obtenidos en un cuadro resumen. El estudio de la vida útil finalizó cuando en la evaluación sensorial se tuvo puntuación menor o igual a tres en los criterios de evaluación.

Análisis físico-químico

Actividad de agua (Aw): se realizaron siete análisis de Aw durante el periodo de estudio, seleccionaron al azar tres bolsas de bebida nutritiva instantánea en polvo para cada análisis, de cada bolsa se tomó una muestra para medir la Aw y se procesaron en el equipo del LTA-CENTA: AQUALAB Dew Point Water Activity Meter 4TE. Para reportar el resultado del análisis se seleccionó el valor más alto de las tres mediciones, y se compararon con el límite máximo permitido que recomienda AQUALAB para harinas (0.5).

Porcentaje de humedad: se realizaron seis análisis en el LTA-CENTA en el periodo de estudio, se seleccionó una bolsa al azar y se determinó por triplicado por método gravimétrico, sacando el promedio para reportar los resultados para cada análisis.

Índice de peróxido: se realizaron dos análisis, uno al inicio y otro al final del estudio de vida útil, seleccionando al azar dos bolsas de 200 g de bebida nutritiva instantánea en polvo por cada análisis y se llevaron al Laboratorio de Control de FUSADES.

Análisis microbiológico

En el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de CCAA de la UES, se realizaron los análisis para cumplir con los parámetros microbiológicos de rigor por el RTCA 67.04.50:08: Alimentos. Criterios microbiológicos para alimentos. En los que se encuentran: Recuento Total de Coliformes por el método del Número Más Probable (NMP) y determinación de presencia o ausencia de *Salmonella* en Agar *Salmonella-Shigella*. Adicionalmente para corroborar las buenas prácticas de manufactura (BPM) se determinó *Staphylococcus aureus* en Baird-Parker Agar y además para conocer las condiciones ambientales se determinó: hongos y levaduras en PDA con ácido láctico, el análisis se efectuó en la semana: primera, quinta y décima

segunda, tomaron dos bolsas de 200 g para cada semana.

Prueba de empaque

Se realizó la prueba de empaque en el Centro Regional de Empaque y Embalaje de Centroamérica y Panamá (CEDIECAP) ubicado en la UES, el análisis se realizó en duplicado, para la prueba se utilizó cuatro bolsas de 454 g de bebida nutritiva instantánea en empaque tipo BOPP, se identificaron dos bolsas con la letra “A” en la parte lisa y dos con la letra “B” al lado del cierre longitudinal de los empaques, se utilizó el equipo para prueba de caída modelo PDT-56-ED marca Lansmont Corporation a presión de 60 psi, las bolsas se colocaron a una altura de 96.5 cm del suelo y se dejó caer, verificando posteriormente las condiciones del empaque.

Resultados y Discusión

En la formulación de la bebida se consideró aspectos sensoriales, nutricional y económicos para determinar la fórmula final de 40% sorgo, 34% soya y 26% arroz. La bebida nutritiva instantánea fue aceptada por los estudiantes de los Centros Escolares PACSES del municipio de Apopa, San Salvador, para determinar la fecha de caducidad del producto se sometió a un estudio de vida útil en donde se fijó en 71 días.

Formulación de la bebida nutritiva instantánea

Los rendimientos de grano a harina obtenidos en el molino modelo Ewing CTI son: soya 74%, sorgo 76% y arroz 78%, se consideran de buen rendimiento molinero, comparados con los resultados obtenidos por House (2006) en donde los promedios varían de 70% a 75% en cereales trigo y arroz.

La Fórmula 3 fue aceptada sensorialmente de forma cualitativa por los panelistas, de manera nutricional alcanzo del 10 al 15% de las RDD para niños y adolescentes, y el costeo del producto fue inferior a \$0.05 por ración de bebida nutritiva instantánea en polvo fijándose La porción de bebida nutritiva instantánea es de 32 g diluida en 200 ml de agua, recomendando agregar 23 g de azúcar para que la bebida alcance 12 ° Brix.

El costo del producto dio como resultado que 450 g equivale a \$0.504 y la ración de 32 g \$0.036, tomando en cuenta solo el costo de las materias primas, la mano de obra y el servicio de agua y energía eléctrica utilizado en la elaboración de las harinas.

Estudio de Aceptación en Centros Escolares

La aceptación de la bebida nutritiva instantánea obtenida se resume en el Cuadro 3. La aceptación de la bebida es de 88.7% (en los parámetros: Me gustó 24.1% y Me encantó 64.6%) lo que manifiesta que la bebida nutritiva instantánea tiene una amplia aceptación por los estudiantes, al 5.8% no les agradó la bebida (en los parámetros: Odié 2.6% y No me gustó 3.2%), y el 5.5% (parámetro Indiferente) no la aceptan ni la rechazan, por lo que se puede decir que el 94.2% de escolares no tienen inconveniente en consumir la bebida. Como dato comparativo de aceptación este porcentaje obtenido es mucho mayor que el reportado por Cereza Mezquita *et al.* (2011) en un estudio aceptación en el desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quinoa para la dieta de preescolares que fue de 80% para la fórmula A y de 40% para la fórmula B, en el que se utilizó la escala hedónica facial.

Cuadro 3. Aceptación de la bebida nutritiva instantánea en Centros Escolares.

Parámetros de la escala hedónica	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Odié	9	2.6	2.6
No me gustó	11	3.2	5.8
Indiferente	19	5.5	11.3
Me gustó	83	24.1	35.4
Me encantó	223	64.6	100.0
Total	345	100.0	

La Figura 1 muestra que la mayoría de la población de estudiantes entre siete a catorce años, al igual que los que no registraron la edad, respondieron “Me encantó” la bebida. Los estudiantes de quince a dieciséis años respondieron en su mayoría “Me gustó” la bebida y en menor medida “Me encantó”. Los que respondieron que la bebida le es “Indiferente” tienen el valor más alto alcanzado para las edades de trece y catorce años, aunque sigue estando en el tercer lugar de la aceptación para estas edades. Con respecto al parámetro “No me gustó”, este es mucho menor comparado con los que aceptaron la bebida, no hay valoraciones de “No me gustó” para las edades de once, trece, quince y dieciséis años. Las edades en donde los estudiantes respondieron que “Odié” la bebida son para siete, once, doce, trece y quince, el porcentaje más alto se presentó a los doce años.

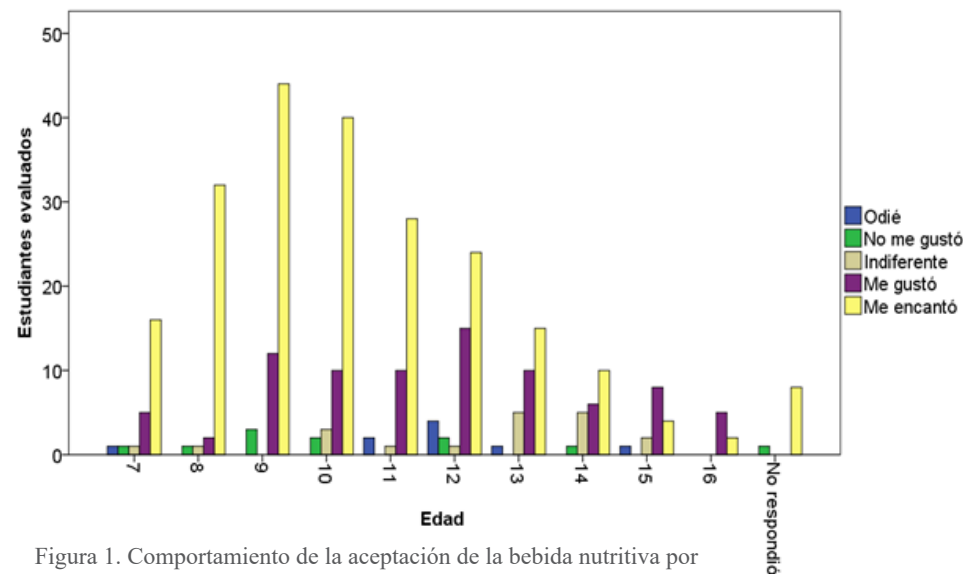


Figura 1. Comportamiento de la aceptación de la bebida nutritiva por estudiantes.

Prueba del cuantil

Siendo las Hipótesis H_0 : cuantil $3 \leq 3$ H_a : cuantil $3 > 3$

Se rechaza H_0 si $T < t$

T = Valores en la región crítica = 39

t = 73.019

Sustituyendo tenemos $39 < 73.019$ por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_a lo que quiere decir que el 75% de los valores de aceptación son mayores a tres (“Me gustó” y “Me encantó”), demostrando así que la bebida nutritiva instantánea es aceptada por los estudiantes.

Aporte nutricional de la bebida desarrollada para niños (7-10 años)

Comparando los resultados bromatológicos con las RDD (Cuadro 4) y siguiendo los lineamientos del anexo E del OSACTEC (2010): RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios pre-envasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad.

La bebida nutritiva instantánea es excelente fuente de proteínas, fósforo, potasio y zinc (Cuadro 4), ya que contiene dos veces los valores para fuente categorizados por el anexo E. Además es fuente de hierro, magnesio y calcio ya que contiene no menos del 10% del VRN (Recomendaciones Dietéticas Diarias) por 100 g de producto.

Cuadro 4. Aporte nutricional de la bebida para niños de 7 a 10 años.

Nutriente	Unidad	Resultados bromatológicos de la bebida (100 g)	RDD promedio para niños de 7-10 años	RDD aportados en 100 g de bebida	RDD aportados en 32 g de bebida
Energía	Kcal	344	1725	19.92%	6.37%
Carbohidratos	G	55	350	15.71%	5.03%
Proteínas	G	22.58	31	72.84%	23.31%
Grasa	G	9.51	67	14.18%	4.54%
Fibra	G	14.4	24	-	-
Ceniza	G	2.53	-	-	-
Calcio	Mg	120.53	700	17.22%	5.51%
Fósforo	Mg	450	700	64.29%	20.57%
Hierro	Mg	3.42	13.2	25.91%	8.29%
Potasio	Mg	1867	4150	44.99%	14.40%
Zinc	Mg	3.07	7.1	43.24%	13.84%
Magnesio	Mg	23.75	150	15.83%	5.07%
Sodio	mg	45.7	1350	3.39%	1.08%

Para la población de 10 a 17.9 años los RDD (Cuadro 5) son cubiertos en menor proporción, ya que los adolescentes demandan más nutrientes. Sin embargo el producto sigue siendo fuente de proteínas, fósforo, hierro, potasio, zinc y extra calcio.

Cuadro 5. Aporte nutricional de la bebida para niños de 10 a 17.9 años.

Nutriente	Unidad	Resultados bromatológicos de la bebida (100 g)	RDD promedio para niños de 10-17.9 años	RDD cubiertos en 100 g de bebida	RDD cubiertos en 32 g de bebida
Energía	Kcal	334	2613	13.15%	4.21%
Carbohidratos	g	55	350	15.71%	5.03%
Proteínas	g	22.58	56	40.32%	12.90%
Grasa	g	9.51	102	9.36%	2.99%
Fibra	g	14.4	24	-	-
Ceniza	g	2.53	-	-	-
Calcio	mg	120.53	1200	10.04%	3.21%
Fósforo	mg	450	950	47.37%	15.16%
Hierro	mg	3.42	16	21.38%	6.84%
Potasio	mg	1867	4700	39.72%	12.71%
Zinc	mg	3.07	16	19.19%	6.14%
Magnesio	mg	23.75	289	8.22%	2.63%
Sodio	mg	45.7	1500	3.05%	0.97%

Estudio de vida útil

El periodo de estudio de vida útil se estimó teóricamente en 78 días, en el estudio se evaluaron los parámetros sensoriales, físico-químicos y microbiológicos. Se determinó la vida útil en 71 días porque a esta fecha los parámetros evaluados aún tenían la calidad requerida del producto.

Análisis sensorial

Las características organolépticas en el estudio de vida útil de la bebida (0 a 79 días) disminuyeron en el transcurso del tiempo. Estas perdieron la calidad necesaria en la evaluación del día 79, ya que tuvieron puntuaciones menores a tres en la escala del 1 al 5 (Cuadro 6), por lo que se decidió tomar como vida útil de la bebida el día 71 ya que todas las características en comparación con el producto inicial se mantienen con la calidad requerida (valoraciones mayor a tres).

Cuadro 6. Resultado de la evaluación sensorial durante el estudio de vida útil.

Características	Día						
	0	24	34	57	64	71	79
Sabor	4.80	4.25	4.17	3.83	3.33	3.40	2.87
Olor	5.00	4.50	4.00	3.67	3.50	3.20	2.67
Apariencia	5.00	4.50	4.83	4.00	3.67	3.80	2.83
Textura	5.00	4.00	4.33	4.17	3.67	3.60	2.83
Calidad total	5.00	4.50	4.17	3.38	3.50	3.60	2.83

Los panelistas expresaron que disminuyó notablemente la intensidad del olor y sabor en comparación con el producto inicial. Además, que la textura (consistencia) cambió levemente percibiendo cambios de viscosidad y la apariencia ya que hubo formación de espuma y disminución del color, debido a la degradación enzimática que la bebida tuvo durante su almacenamiento, lo que generó la pérdida de la calidad total de la bebida.

Actividad de agua (Aw)

En el análisis se tuvo una mínima variación en un período de 79 días, los valores se encuentran entre 0.19 a 0.22 entre los 0 a 71 días y se obtuvo el valor más alto el día 79 de 0.29. Los resultados de Aw obtenidos son mucho más bajos que el rango establecido por AQUALAB para harinas que es de 0.4 a 0.5, este rango corresponde a los valores más bajos de Aw para inhibir la proliferación microbiana.

Porcentaje de humedad

El valor más alto de porcentaje de humedad obtenido en el estudio fue de 4.56%, este valor está por debajo del permitido ya que la cantidad de agua puede influir cuando se encuentra sobre el límite máximo permisible que según la Norma Salvadoreña (NSO) para Harinas es de 14%.

Índice de peróxido

El resultado obtenido al día uno del estudio de vida útil fue de 11.85 meq/Kg de muestra y al finalizar fue de 18 meq/Kg muestra, por lo que se alcanzó un aumento de 6.15 meq/Kg, lo cual no es suficiente para percibir rancidez en el producto, esto concuerda con Reyes (2007) donde menciona que la formación de peróxidos es baja durante el período inicial, pero puede variar en unas pocas semanas o meses, de acuerdo al aceite o grasa en particular, del mismo modo que el producto tienen un sabor a rancidez cuando el valor de peróxidos está entre 20 y 40 meq/Kg de grasa.

Análisis microbiológico

El producto mantuvo su inocuidad microbiológica durante el estudio de vida útil (Cuadro 7) cumpliendo los criterios de microbiológicos para vigilancia por el OSARTEC (2009) y los criterios evaluados para verificar la implementación correcta de las Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM) utilizando la NORMA SANITARIA N° 615-2003 y las condiciones del lugar según De Orellana *et al.* (2009).

Cuadro 7. Resultados microbiológicos en el estudio de vida útil.

Análisis \ Día	0	30	79	Criterios de comparación	
<i>E. coli</i> (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	RTCA 67.04.50:08
<i>Salmonella</i> sp. /25 g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	RTCA 67.04.50:08
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	0	0	0	100	NORMA SANITARIA N° 615-2003
Hongos y levaduras (UFC/g)	1	1	2	100	NSO 67.03.02:08

Prueba de empaque

La prueba de caída aplicada al empaque BOPP dio como resultado que del lado A una de las bolsas mantuvo la integridad del empaque y otra presentó rotura en el sellado, para el lado B las dos bolsas presentaron roturas en el sellado y la base, razón por la cual el empaque evaluado no paso la prueba, lo cual no garantiza la protección del producto a caídas durante la manipulación.

Conclusiones

La bebida nutritiva instantánea desarrollada en base a 40% sorgo, 26% arroz y 34% soya, tuvo una aceptación del 88.7% y se considera una excelente fuente de proteínas y minerales; y accesible al consumidor a un costo de \$0.036 por ración de 32 g.

El análisis sensorial determinó que el tiempo de vida útil de la bebida nutritiva fue de 71 días ya que a los 79 días las características organolépticas obtuvieron calificaciones menores a tres puntos.

Los valores de humedad y actividad de agua obtenidos durante el estudio de vida útil se encontraron por debajo de los límites máximos permitidos, lo que inhibió el desarrollo de microorganismos y reacciones químicas.

Los resultados del análisis microbiológico durante el estudio de vida útil de la bebida demuestran que cumplen con la normativa.

El incremento en el índice de peróxido en relación al valor inicial no fue significativamente determinante para percibir rancidez y afectar la vida útil de la bebida.

Durante el estudio de vida útil la bebida nutritiva instantánea, el empaque indicó ser una excelente alternativa para conservar las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto; no así para su manipulación ya que no superó la prueba de caída.

Recomendaciones

Evaluar la factibilidad técnica y económica de producción industrial de la bebida nutritiva instantánea desarrollada en el estudio.

Evaluar otros empaques a fin de garantizar la conservación y manipulación de la bebida.

Realizar pruebas con otras variedades de granos con el fin de determinar si existen variaciones significativas en aspectos económicos, organolépticos y nutricionales.

Realizar un estudio de aceptación de la bebida con estudiantes de cuatro a seis años.

Determinar la viabilidad del uso de la formulación para elaborar productos tales como: atole, poleadas, galletas, entre otros.

Bibliografía

- AOAC (Association of official analytical chemist). 1980. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. Decimotercera edición. USA. 1018 p.
- Banco Mundial, sf. Nutrición de un vistazo El Salvador (en línea). Consultado: 26 jul. 2015. Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org/NUTRITION/Resources/281846-1271963823772/ElSalvadorSPA91311web.pdf>
- Cerezal, P; Acosta, E; Rojas, G; Romero, N; Arcos, R. 2011. Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quínoa para la dieta de preescolares (en línea). Chile. Consultado: 26 feb. 2016. Disponible en: http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/30_original_19.pdf
- Conover, WJ. 1971. Practical Nonparametric Statistics. Kansas StateUniversity. Estados Unidos. 305p.
- De Orellana, H; De Hidalgo, C; Parada, L; Menjivar, m; Henríquez, J; Ortega, D; Aguilar, S; Beltrán, J; Alfaro, C; Ramos, R; Merino, G; Corvera, R; Reyes, C; Castillo, E. 2009. Norma Salvadoreña NSO 67.03.02:08: Harinas. Harina de maiz nixtamalizado.
- House, Frank. 2006. Agricultural programs, terms and laws (en línea). Consultado 03 abr 2016. Disponible en: <https://goo.gl/6arO8f>
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá). 2012. Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP. Guatemala. 196 p.
- Inestroza, BS. 2003. Desarrollo y evaluación de una bebida nutricional instantánea para niños en edad escolar. Tesis Lic. Ing. Aig. Honduras. Zamorano. 40 p.
- MINED (Ministerio de Educación, SV). sf. Programa de Alimentación y Salud Escolar (PASE). Tipo de alimento y tamaño de ración. (Diapositiva). San Salvador, SV. 1 diapositiva. Color.
- MINSAL (Ministerio de Salud, SV). 2009. Guía de Alimentación y Nutrición de la Familia Salvadoreña por Grupos Etareos (en línea). Consultado 19 sep. 2014. Disponible en: http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/guia/Guia_alimentacion_etareos.pdf
- OSARTEC (Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica). 2010. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad (en línea). Consultado: 27 de ene. 2016. Disponible en: http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/rtea/rtea_67_04_60_10_etiquetado_nutricional_productos_alimenticios_preenvasados.pdf
- Pastrán, R. 2013. País registra un 45.3% de población en pobreza (en línea). Consultado 24 de abr. 2015. Disponible en: www.laprensagrafica.com/2013/12/06/pais-registra-un-453-de-poblacion-en-pobreza
- Reyes, A. 2007. Determinación de índice de peróxidos (en línea). Consultado 7 de feb. 2016. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24936/1/Practicas%20prof.pdf>
- Valle, AG. 2016. Estudio de vida útil de tres bebidas a base de sorgo (Sorghunvulgure). CENTA. La Libertad. SV. 20 p.
- Yasufumi, K. 2015. Manual para el desarrollo de las mercancías de los alimentos procesados locales para “Un Pueblo Un Producto”. Voluntario JICA-CENTA. La Libertad, El Salvador. 68 p.
- Zambrano, R. Granito, M. Valero, Y. 2013. Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolusvulgaris*) en individuos sanos (en línea). Consultado 01 de feb. 2016. Disponible en: <http://www.alanrevista.org/ediciones/2013/2/?i=art4>. Fuente original: Bressani, R. 2002. Factors influencing nutritive value in food grain legumes: Mucuna compared to other grain legumes. En: food and feed from Mucuna: current user and the way forward. Proceedings of aninternational Workshop. Tegucigalpa, Hon. 164-188 p.

- Directorio
- Catálogo
- Revistas en línea

Título, ISSN o término



Búsqueda exacta

Búsqueda avanzada

Índices

Gráficas



- ✓ Características cumplidas / cumpridas / Standards met: 22
- ✗ Características no cumplidas / Não cumpridas / Standards not met: 14

Agrociencia ya se encuentra en catálogo, cumpliendo paso a paso los requisitos exigidos para su indexación.

Título	Agrociencia
Título Abreviado	Agrociencia
País	El Salvador
Situación	Vigente
Año de inicio	2017
Año de Terminación	9999
Frecuencia	Desconocida
Tipo de publicación	Publicación periódica
Soporte	En línea
Idioma	Español
Título propio	Agrociencia : cultivando el conocimiento para un mejor futuro
Temas	Ciencias Agrícolas
Subtemas	Agronomía, ganadería
Clasificación Dewey	630
Organismo responsable	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas
Editorial	Universidad de El Salvador
Naturaleza de la publicación	Revista de divulgación científica y cultural
Naturaleza de la organización	Institución educativa
Notas	Vol. 1, No. 1, Agosto 2017

Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador

López, M

Estudiante tesista. Departamento de Fitotecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: max.lopez@hotmail.es

Deras, EC

Estudiante tesista. Departamento de Fitotecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: erick_deras98@yahoo.es

Parada Berrios, FA

Docente Director. Departamento de Fitotecnia,
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.

Resumen

Con el objetivo de identificar y caracterizar árboles de cacao criollo promisorio, se desarrolló la caracterización morfoagronómica *in situ* en el periodo de julio 2016 a julio de 2017. Esta labor incluyó giras en lugares de prevalencia natural de la especie, en diversas localidades de El Salvador, caracterizando 47 árboles de cacao localizados en los municipios de San Luis Talpa y San Pedro Nonualco, La Paz; Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlán y Ciudad Delgado, San Salvador. Se especificó atributos cualitativos y cuantitativos de cada árbol y de sus segmentos: hojas, flores, frutos, y semillas. Para la caracterización se utilizaron descriptores morfoagronómicos propuestos por la Cocoa Research Unit-University of West Indians (Trinidad y Tobago), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). La interpretación de datos se hizo a través de estadística simple y análisis multivariado utilizando el programa SPSS versión 23. El análisis de componentes principales se identificó 11 conglomerados que reunieron características de 27 árboles. Se encontraron 10 árboles de cacao con características del tipo “criollo de aroma fino”, con frutos con formas angoleta y cundeamor, el 100% de semillas de color blanco y contenidos de grasa menores al 50%. También sobresalieron cuatro árboles con contenidos mayores al 50% de grasa en las semillas. Estas características promisorias encontradas demuestran que dichos arboles deben ser incluidos en programas de producción, alimentación humana y mejoramiento genético. Finalmente se elaboró un catálogo de los árboles caracterizados.

Palabras clave: Morfología, caracterización, genética, fenotipos, germoplasma promisorio, descriptor, cacao criollo.

Abstract

The objective is identify and characterize promising Creole cacao trees, *in situ* morphoagronomic characterization was developed in the period from July 2016 to July 2017. This work included tours in places of natural prevalence of the species, in various locations in El Salvador, characterizing 47 cocoa trees located in the municipalities of San Luis Talpa and San Pedro Nonualco, La Paz; Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlan and Ciudad Delgado, San Salvador. Qualitative and quantitative attributes of each tree and its segments were specified: leaves, flowers, fruits, and seeds. For the characterization, morpho-agronomic descriptors proposed by the Cocoa Research Unit -University of West Indians (Trinidad and Tobago), the National Institute of Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP) and the National Institute of Agricultural Research (INIA) were used. The interpretation of data was done through simple statistics and multivariate analysis using the SPSS program version 23. The main components analysis was identified 11 conglomerates that gathered characteristics of 27 trees. Ten cocoa trees with characteristics of the “Creole of fine aroma” type were found, with fruit with angoleta and cundeamor forms, 100% of white seeds and fat content less than 50%. There were also four trees with more than 50% fat content in the seeds. These promising characteristics found show that these trees should be included in production programs, human nutrition and genetic improvement. Finally a catalog of the characterized trees was elaborated.

Key words: Morphology, characterization, genetics, phenotypes, promissory germplasm, descriptor, cacao criollo.

Introducción

En El Salvador existen árboles de cacao con buenas características productivas, adaptabilidad y de buena calidad que podrían contribuir al desarrollo de la actividad cacaotera que cada día está tomando mayor interés entre los productores. Además este rubro tradicionalmente ha sido de mucho potencial productivo y de exportación, lo cual constituye una oportunidad para el desarrollo de un nuevo sector y la generación de empleo en el país, debido a que el mercado consumidor extiende cada vez más su demanda y diversidad de consumo.

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Sterculiaceae, es un árbol de tamaño mediano, aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra (estado silvestre y sin manejo). También, se diferencia de otras especies por ser cauliflora, ya que forma flores y frutos en el tronco y ramas (Dubón 2011). Asimismo, Veraz (1993) citado por Peña (2003) revela que las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios, son de color rosado a blanco y hermafroditas (dos sexos), pentámera, de ovario súpero. Los frutos de cacao son bayas con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro (García Carrión 2007, citado por APPCACAO 2008).

En la actualidad se denominan tres fenotipos de cacao que son: forasteros, trinitario y criollo, los cacaos forasteros se agrupan según la forma del fruto que pueden ser cundeamor, amelonado, sambito, calabacillo y angoleta; los cacaos de tipo trinitarios corresponde a la población híbrida derivada de criollos y forasteros, los cuales crecieron juntos en un mismo país o región, finalmente los cacaos de tipo criollo sobresalen por la forma y color de los cotiledones, los cuales son los más importantes. También, los frutos o mazorcas presentan una cierta variabilidad en su forma generalmente alargada, con una punta muy acentuada en el extremo inferior (Graziani *et al.* 2002).

Según el INIA (2005) a través de programas de mejoramiento genético se puede seleccionar cultivares que presenten características de alta calidad, producción y adaptabilidad a las condiciones ambientales de un determinado lugar. Por tal razón, la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es fundamental para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y conservar los recursos genéticos.

Por otra parte Hernández (2013), menciona que la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación.

Por ello, la relevancia de la investigación radicó en la caracterización y selección de germoplasma de cacao promisorio adaptado a las condiciones propias del lugar, que puedan ser utilizados comercialmente, y que tengan aceptación en el mercado nacional e internacional, garantizando así resultados que beneficien a los productores. Por tanto, el objetivo principal de esta investigación fue identificar clones de cacao con características del tipo “criollo de aroma fino”, a partir de una caracterización *in situ* en lugares de prevalencia natural de la especie en el país.

Materiales y Métodos

Localización

El estudio se realizó en el período de julio a diciembre 2016, en los municipios de San Luis Talpa y San Pedro Nonualco, La Paz; Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlán y Ciudad Delgado San Salvador, El Salvador. Los árboles se encontraron entre los siete y los 575 msnm.

Material experimental

Se caracterizaron *in situ* 47 árboles de cacao: 27 en la cooperativa hacienda Santa Clara en San Luis Talpa y tres en San Pedro Nonualco departamento de La Paz; 11 en el cantón Cerro Grande Arcatao, Chalatenango; tres en Tenancingo, Cuscatlán y tres en Ciudad Delgado, San Salvador (cuadro 1). La caracterización de frutos y semillas se realizó solamente a 28 árboles ya que el resto no se le encontraron frutos en la época de las visitas al lugar.

Evaluación del germoplasma de cacao

Para caracterizar la identidad de los cultivares registrados se utilizaron los descriptores de cacao propuestos por García (2012), INIA (2005) y INIFAP (2014) ya que presentan diferentes características y parámetros para ser aplicados en los árboles encontrados en la investigación, además cada árbol fue georeferenciado mediante un sistema de posicionamiento global (GPS), se le asignó un código estructurado por el primer nombre del lugar de *rewwwcolecta* y el número con base al orden encontrado (cuadro 1). Posteriormente se identificaron atributos cualitativos y cuantitativos de mayor interés tales como: frutos con ápice apiculado, alta rugosidad, cascara delgada semillas de color blanco y contenidos de grasa en la semilla.

Cuadro 1. Codificación y ubicación de los árboles de cacao caracterizados.

Número correlativo	Árbol	Código	Abreviatura	Propietario	Lugar de recolección	Altitud (msnm)
1	23	Tenancingo 1	TG 1	Francisco Arevalo	Tenancingo, Cuscatlán	544
2	24	Tenancingo 2	TG 2			545
3	25	Tenancingo 3	TG 3			546
4	27	Santa Clara 1	ST 1	Asociación Cooperativa Hacienda Santa Clara	Hacienda Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz	7
5	28	Santa Clara 2	ST 2			7
6	29	Santa Clara 3	ST 3			7
7	30	Santa Clara 4	ST 4			7
8	31	Santa Clara 5	ST 5			7
9	32	Santa Clara 6	ST 6			7
10	33	Santa Clara 7	ST 7			7
11	34	San José Cortez 1	CD 1			José Emilio Mónico Juárez
12	35	San José Cortez 2	CD 2	562		
13	36	San José Cortez 3	CD 3	562		
14	38	Santa Clara 8	ST 8	Cooperativa Hacienda Santa Clara	Cooperativa Hacienda Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz.	7
15	41	Santa Clara 9	ST 9			7
16	43	Santa Clara 10	ST 10			7
17	55	Santa Clara 11	ST 11			7
18	56	Santa Clara 12	ST 12			7
19	62	Santa Clara 13	ST 13			7
20	63	Santa Clara 14	ST 14			7
21	78	Santa Clara 15	ST 15			7
22	81	Santa Clara 16	ST 16			7
23	82	Santa Clara 17	ST 17			7
24	92	Santa Clara 18	ST 18			7
25	102	Santa Clara 19	ST 19			7
26	106	Santa Clara 20	ST 20			7
27	112	Santa Clara 21	ST 21			7
28	117	Santa Clara 22	ST 22	7		
29	123	Santa Clara 23	ST 23	7		
30	146	Santa Clara 24	ST 24	7		
31	151	Santa Clara 25	ST 25	7		
32	169	Santa Clara 26	ST 26	7		
33	170	Santa Clara 27	ST 27	7		
34	195	Arcatao 1	ARC 1	Marina Melgar	Cantón Cerro Grande, Arcatao, Chalatenango.	519
35	196	Arcatao 2	ARC 2			519
36	197	Arcatao 3	ARC 3			519
37	198	Arcatao 4	ARC 4			519
38	199	Arcatao 5	ARC 5			519
39	201	Arcatao 6	ARC 6			519
40	202	Arcatao 7	ARC 7			519
41	203	Arcatao 8	ARC 8			519
42	204	Arcatao 9	ARC 9			519
43	205	Arcatao 10	ARC 10			519
44	207	Arcatao 11	ARC 11			519
45	209	San Pedro Nonualco 1	SPN 1	Otoniel López Beltran	San Pedro Nonualco, La Paz.	574
46	210	San Pedro Nonualco 2	SPN 2			574
47	211	San Pedro Nonualco 3	SPN 3			575

Fuente: Elaboración propia (2017).

VARIABLES EN ESTUDIO

Las variables cualitativas fueron: arquitectura, forma de ramificación y vigor del árbol; forma y color de hojas, frutos y semillas; color de flores y pubescencia de brotes tiernos; las variables cuantitativas fueron: edad, altura, diámetro, número de frutos, cojinetes y flores por cojinete, longitud y ancho de hojas, frutos y semillas, espesor de cáscara en frutos, espesor de semillas, peso de frutos, índice de semillas y frutos, longitud y ancho de sépalos, ovario y estilo de la flor y análisis bromatológico de las semillas

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Para el análisis de las muestras de semilla recolectadas de los 28 árboles, se siguió los procedimientos propuestos por la AOAC (1990). El análisis fue realizado en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, para determinar: Humedad parcial y total, porcentaje de proteína, grasa, fibra cruda y minerales (Calcio, Fósforo y Potasio).

METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

Para el análisis de los datos o atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de tablas. Para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple (desviación estándar, media y coeficiente de variación) y análisis multivariado, específicamente componentes principales, análisis de correlación y de conglomerados; ambos análisis permitieron resumir la información de un número grande de casos, agrupándolos con base a similitudes, cercanías o distancia, para lo cual se utilizó el programa SPSS versión 23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES CUALITATIVAS

Arquitectura, forma de ramificación y vigor de árbol

El 85.11% de los árboles caracterizados presentaron arquitectura erecta, 10.64% arquitectura intermedia como consecuencia de la falta del manejo agronómico adecuado y el 4.26% arquitectura pendulosa. El 59.57% poseen ramificación intermedia, 23.40% simple y 17.02% verticilada. El 70.21% presentaron vigor intermedio, 19.15% vigor débil, donde destacaron los árboles Tenancingo 1, 2 y 3 por encontrarse en abandono y 10.64% fueron árboles vigorosos. García Carrión (2012) en estudios de caracterización de cacao, describió el vigor de los árboles con los mismos criterios: débil, intermedio o vigoroso, donde el 100 % de los árboles caracterizados presentó vigor débil.

Color de brotes tiernos

El 44.59% de los árboles presentaron brotes de color verde claro, 31.50% brotes rojo claro, 11.11% brotes de color rojo medio, 8.75% brotes de color marrón y el 4.05% brotes color rojo oscuro. El INIA (2005) menciona que el color de las hojas tiernas está asociado a la presencia de antocianina y difiere del resto de las hojas.

Pubescencia en brotes terminales

El 95.95% de los árboles caracterizados presentaron pubescencia débil, 3.46% pubescencia fuerte y 0.59% pubescencia moderada. Sobresalió la característica fenotípica de pubescencia fuerte en los árboles San José Cortez 1, 2, 3 y Tenancingo 1, 2, 3, que tienen alta tendencia a cacaos de tipo criollo. Marcano (2007) citado por Duarte (2014), afirma que la pubescencia en ramas jóvenes es una característica evidente en los árboles de cacao criollo y hay una escala de pubescencia entre estos y los forasteros, siendo ésta imperceptible en los últimos.

Forma del fruto

El 77.42% de la población de árboles seleccionados poseen frutos con forma ovada, 19.35% frutos de forma oblonga y 3.23% forma abovada. Estas características encontradas en la mayoría de frutos coinciden con las planteadas por el descriptor de García Carrión (2012), sin embargo la forma abovada fue la menos encontrada pero con mayor tendencia fenotípica a los cacaos de aroma fino.

Color del fruto

Se encontraron cinco colores de frutos maduros: 80.65% son frutos de color amarillo verde; 6.45% color púrpura, 6.45% anaranjado, 3.23% color amarillo y 3.23% presentaron color rojo medio. Sobresalió el color amarillo verde, el cual fue más representativo en los árboles que presentaron mayor tendencia fenotípica a cacaos criollos.

Morfología de la superficie del fruto (rugosidad)

El 87.10% de los árboles que se caracterizaron presentaron superficie moderadamente rugosa; 9.68% morfología lisa o ligeramente rugosa, y 3.23% muy rugosos, representativo del árbol San José Cortez 1. Medina (1950) indica que los cacaos se clasifican por la rugosidad: forma fenotípica angoleta, posee rugosidad verrugosa; el cundeamor tiene constricción superficie verrugosa; la forma amelonada tiene superficie verrugosa o lisa y la forma calabacillo superficie lisa. Estos resultados coinciden con los de la presente investigación en cuanto a la rugosidad moderada y muy rugosa y también a la forma angoleta y cundeamor encontrada en los cultivares con alta tendencia fenotípica a criollos.

Resistencia de cáscara

EL 58.06% de los árboles poseen frutos con resistencia fuerte al tacto; 25.81% presentaron resistencia moderada, estos son: Arcatao1, Santa Clara

11, San José Cortez 1, 2, y 3; 16.13% poseen frutos con resistencia débil. Medina (1950) menciona que los tipos criollos tienen mazorca cuya cáscara es delgada y blanda, mientras el forastero posee cáscara dura.

Color de semillas

El 41.38% de los árboles caracterizados presentaron semillas de color púrpura, 27.59% semillas de color blanco, 20.69% semilla de color jaspeado, 3.45% semillas de color rosado y 3.45% de color morado, esto explica la alta erosión genética del material criollo por genotipos importados de Sur América, en tal sentido Bartley (1989) menciona que los cotiledones manifiestan una gran variedad de colores, sin embargo, se reportan con mayor frecuencia los cotiledones purpuras típico de los genotipos trinitarios y en menor frecuencia los cotiledones blancos típico de los genotipos criollos tal como los encontrados en la presente investigación.

Además, se encontraron semillas con matices de color blanco, rosado y púrpura a las cuales se les denominó color jaspeado. Al respecto Sari y Susilo (2011) concluyeron que en el cultivo de cacao se producen granos de colores diferentes en el mismo fruto, esto dependerá del origen del polen que fecundan a la flor, generando efectos positivos y negativos en las características cualitativas y cuantitativas de la semilla, a este fenómeno se le conoce como Xenia.

Descripción de variables cuantitativas

Número de semillas por fruto

El árbol Santa Clara 2, reportó el valor máximo con 57 semillas por fruto y el árbol Arcatao 2 presentó el valor mínimo con 12 semillas, los demás árboles tenían entre 18 y 56 semillas. El promedio es de 33.97, desviación estándar es de 11.89 y el coeficiente de variación de 35%, mostrando así heterogeneidad en el comportamiento de dicha variable. Los árboles San José Cortez 1, 2, 3; los Arcatao 1, 2, 3, 4 y 5, reportaron de 14 a 24 semillas por fruto. Al respecto Pérez (2009) en su investigación, menciona que los cacaos de fenotipos criollos conservaron la mínima cantidad de semilla por mazorca, en comparación a los fenotipos forasteros y trinitarios.

Índice de frutos

El mayor número de mazorcas para obtener un kilogramo de semillas secas lo reportó el árbol Arcatao 1 con 139.82 frutos y el número mínimo de frutos lo registró el árbol Santa Clara 6 con 14.62 frutos. Se obtuvo un promedio de 37.41 frutos, una desviación estándar de 27 y un coeficiente de variación

de 72.15%, es decir que los índices de frutos entre cada árbol presentaron alta variabilidad. Además, esta característica es de mucha importancia ya que entre menor cantidad de frutos se requieran para formar un kilogramo de semilla seca se vuelva más relevante para la producción y comercialización.

Peso seco de semilla

El árbol Arcatao 5 reportó el peso máximo de semilla con 2.26 g y el árbol Santa Clara 13 el peso mínimo con 0.54 g, los restantes oscilan entre 0.56 y 2.06 g (Fig. 1). El promedio es de 1.05 g, desviación estándar de 0.47 g y el coeficiente de variación 43.48%, esto indica que esta variable es altamente heterogénea. Estos resultados se encuentran cercanos a los valores reportados por Arciniegas (2005) citado por Ayesta (2009), quien registró un índice de semillas promedio de 1.2 g en clones de cacao. Además, los pesos de semillas secas iguales o mayores a un gramo es un parámetro relevante para la selección de árboles élite.

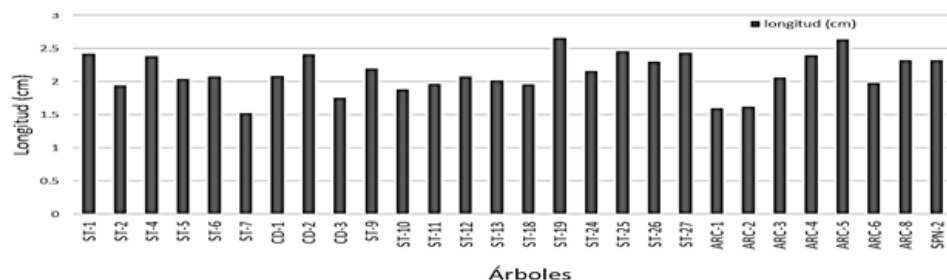


Figura 1. Peso seco de semillas de cacao de 28 árboles caracterizados.

Análisis bromatológico

Contenido de grasa en la semilla de cacao

El árbol Santa Clara 22 presentó el mayor valor en grasa con 62.57 % el menor valor lo mostró el árbol Arcatao 5 con 30.20%. (Fig. 2). El contenido promedio de grasa en las semillas de los 28 árboles fue de 44.09%, la desviación estándar fue de 7.94%, y el coeficiente de variación fue de 18.01%, lo que implica que existe homogeneidad en los árboles respecto a dicho contenido.

Enríquez (1994) citado por Vicencio (2001) destaca que uno de los factores más importantes en términos comerciales es el porcentaje de grasa en el grano, y que el alto nivel de grasa podría interferir en el proceso normal de

fermentación, haciéndolo más largo. El tipo forastero tiene un porcentaje de grasa mayor al 52%, mientras que el cacao fino o de aroma tiene un porcentaje menor al 50%, en efecto los resultados de dicha investigación afirman que 24 de los árboles caracterizados son fino o de aroma porque presentaron semillas con porcentajes de grasa menores al 52.85% y los árboles Santa Clara 7, 10 y 22 presentaron 56.67%, 59.69% y 62.57% característico del tipo forastero.

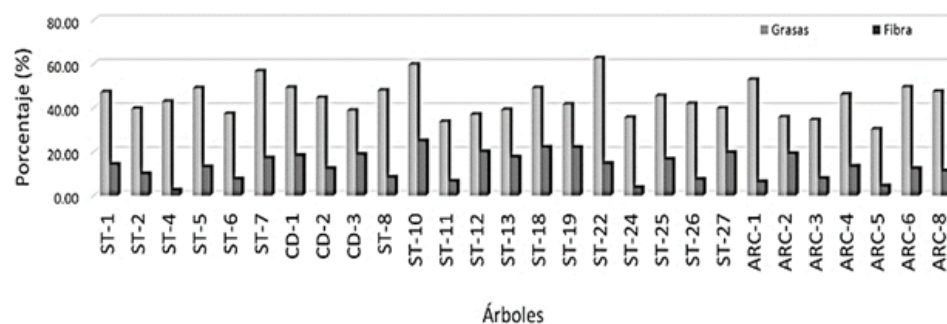


Figura 2. Porcentaje de grasa y fibra en la semilla de cacao de 28 árboles de cacao.

Contenido de ceniza en la semilla

El árbol San José Cortez 3, presentó el mayor valor con 7.11% de ceniza, mientras que el menor valor lo mostró el árbol Santa Clara 5 con 3.48%, los restantes oscilan entre 3.57-6.40% (Fig. 3). El contenido promedio de ceniza en las semillas de los 28 árboles fue de 4.96%, la desviación estándar fue de 1.03% y el coeficiente de variación fue de 20.92% es decir un comportamiento homogéneo. Enríquez (1994) citado por Vicencio (2001) en su estudio de los parámetros de la calidad del cacao, menciona que el porcentaje de ceniza del grano es uno de los componentes que permite distinguir al cacao común con menos de 2.5% de ceniza del fino de aroma con porcentajes superiores al 3%. Esto indica que los 28 árboles caracterizados poseen atributos propios de cacaos de aroma fino ya que todos respecto a dicho contenido ostentaron valores superiores al 3%.

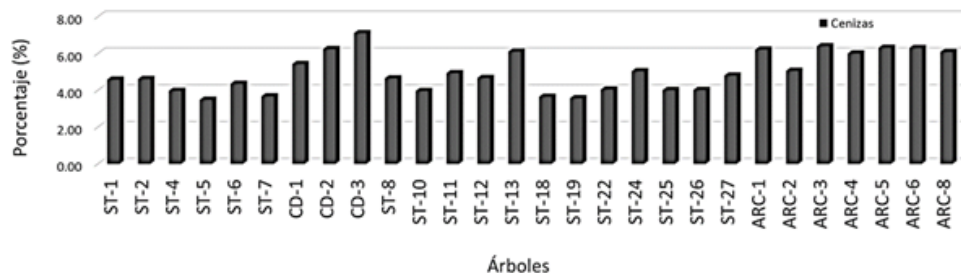


Figura 3. Concentración de ceniza en la semilla de cacao de 28 árboles caracterizados.

Fósforo, Calcio y Potasio

El árbol Santa Clara 13 presentó el mayor valor con 2.06% de fósforo, el menor valor lo mostró el árbol Santa Clara 5 con 0.83% (Fig. 4). El contenido promedio de fósforo en las semillas de los 28 árboles fue de 1.37%, la desviación estándar fue de 0.28% y el coeficiente de variación de 21.02%, lo que indica que un comportamiento moderadamente homogéneo en los árboles.

El árbol Santa Clara 2 presentó el mayor valor con 0.89% de calcio, el menor valor lo mostró el árbol Arcatao 2 con 0.37% los restantes se mantienen en un rango entre 0.40 y 0.80% (Fig. 4). El contenido promedio de calcio en las semillas de los 28 árboles fue de 0.53%, la desviación estándar fue de 0.13%, y el coeficiente de variación fue de 24.6%, lo que implica que dicho contenido tuvo un comportamiento moderadamente homogéneo.

El árbol Santa Clara 14 presentó el mayor valor con 1.89% de Potasio, el menor valor lo mostró el árbol Santa Clara 5, con 1%, los restantes oscilan entre 1.0 - 1.77% (Figura 4), el contenido promedio de Potasio en las semillas de los 28 árboles fue de 1.34%, la desviación estándar fue de 0.24% y el coeficiente de variación de 18.61%, es decir, que existe homogeneidad con respecto a dicho contenido.

Según Unicef (2004) citado por Cote y Jiménez (2005), el contenido de macronutrientes como vitaminas y minerales es indispensable para los diferentes procesos bioquímicos y metabólicos del organismo y en consecuencia para el buen funcionamiento del cuerpo humano. También el calcio es el catión más abundante del organismo, representa el 2,24% del peso corporal libre de grasa. Junto con el fósforo son los principales constituyentes del esqueleto; ambos forman parte de la hidroxiapatita presente en los huesos.

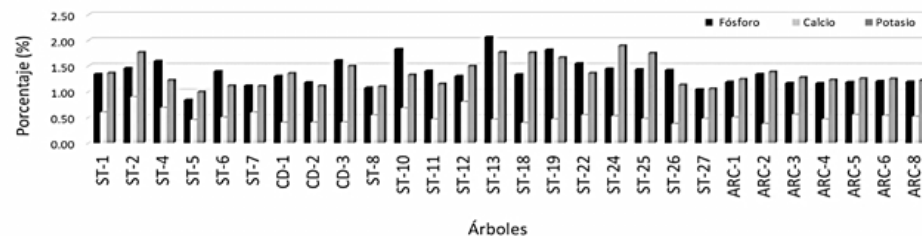


Figura 4. Concentración de Fósforo, Calcio y Potasio en la semilla de 28 árboles de cacao Caracterizados.

Estimación de variabilidad genética, a través de estadística simple

Los árboles caracterizados mostraron alta heterogeneidad, con coeficientes de variación que oscilan entre 40 y 87.08%, lo cual revela un amplio rango de dispersión de las características, por lo que la variabilidad genética en la especie es alta para las variables altura, diámetro a altura del pecho (DAP), número chupones, frutos por árbol, número cojinetes, flores por cojinete, peso seco e índice de fruto y de semilla, humedad total y porcentaje de fibra en la semilla.

Análisis de correlación

Los resultados indicaron que al menos 35 correlaciones resultaron ser altamente significativas estadísticamente (cuadro 2).

Al analizar la matriz de correlación, se observó que existen correlaciones lineales altamente significativas entre los descriptores y la mayor correlación positiva la tienen los descriptores: peso seco de semilla e índice de semilla con valores de $r = 1.00$; la longitud de hoja y longitud media de la hoja también tienen una fuerte relación lineal positiva ($r = 0.93$), grosor de cáscara con la altura de caballete $r = 0.79$ y la longitud media de la hoja con el ancho de hoja $r = 0.77$. Dichas asociaciones fueron altamente significativas ($p < 0.01$); tal que, al aumentar el peso de semilla también aumenta el índice de semilla y similar comportamiento para las demás variables.

Además, se observaron correlaciones lineales negativas del número de chupones y número de semillas por fruto con el contenido de cenizas en la semilla $r = -0.57$, longitud de estilo con longitud de ovario $r = -0.59$, longitud y ancho de semilla con el índice de fruto $r = -0.59$ y -0.73 , espesor de semillas con número de semillas/kg $r = -0.61$, y peso seco con número de semillas/kg $r = -0.91$.

Esto indica que al aumentar la cantidad de chupones y la cantidad de semillas por fruto, el contenido de ceniza y los microelementos podrían disminuir tanto en la semilla como en las demás secciones de la planta y similar comportamiento para el resto de descriptores.

Cuadro 2. Comunalidades de los descriptores cuantitativos de cacao.

Sección	Descriptor	Inicial	Extracción	Porcentaje (%)
Hoja	Longitud	1.000	.967	96.7
	Longitud Media	1.000	.966	96.6
	Ancho	1.000	.914	91.4
Árbol	Altura	1.000	.804	80.4
	Diámetro altura de pecho	1.000	.880	88
	Número de chupones	1.000	.854	85.4
	Número de cojinetes	1.000	.918	91.8
	Número de flores	1.000	.809	80.9
	Número de frutos	1.000	.767	76.7
	Edad.	1.000	.874	87.4
Flores	Sépalos	1.000	.721	72.1
	Ancho de sépalos	1.000	.816	81.6
	Longitud de estaminodios	1.000	.864	86.4
	Longitud de ovario	1.000	.795	79.5
	Ancho de ovario	1.000	.900	90
Fruto	Longitud de estilo	1.000	.842	84.2
	Longitud de fruto	1.000	.864	86.4
	Ancho de fruto	1.000	.821	82.1
	Grosor de cáscara	1.000	.915	91.5
	Profundidad de Surco	1.000	.848	84.8
	Altura de caballete	1.000	.827	82.7
	Peso de fruto	1.000	.896	89.6
	Número semilla	1.000	.938	93.8
	Índice de fruto	1.000	.866	86.6
	Número de semilla	Longitud de semilla	1.000	.826
Ancho de semilla		1.000	.934	93.4
Espesor de semilla		1.000	.890	89
Peso seco de semilla		1.000	.972	97.2
Índice de semilla		1.000	.972	97.2
Análisis químico	Número de semillas / kg	1.000	.960	96
	Ceniza	1.000	.914	91.4
	Grasa	1.000	.764	76.4
	Proteína	1.000	.771	77.1
	Fósforo	1.000	.843	84.3
	Calcio	1.000	.859	85.9
	Potasio	1.000	.898	89.8
	Fibra	1.000	.820	82
	Humedad parcial	1.000	.831	83.1
	Humedad total	1.000	.896	89.6

Fuente: Método de extracción: Análisis de Comunalidades.

Análisis de componentes principales y variables que influyeron en la formación de estos

En la figura 5 se observa que los primeros 11 componentes expresan la variabilidad existente total en la especie con 86.68% de confiabilidad, de igual manera a través de los autovalores iniciales que presentaron un valor menor que uno a partir del componente 11 (el criterio de selección indica que valores menores que uno, no indican variabilidad y por lo tanto su comportamiento es homogéneo). También se aprecia el corte y la formación de un ángulo de 45° justamente sobre el componente 11, en donde al menos con una característica participa de la varianza total.

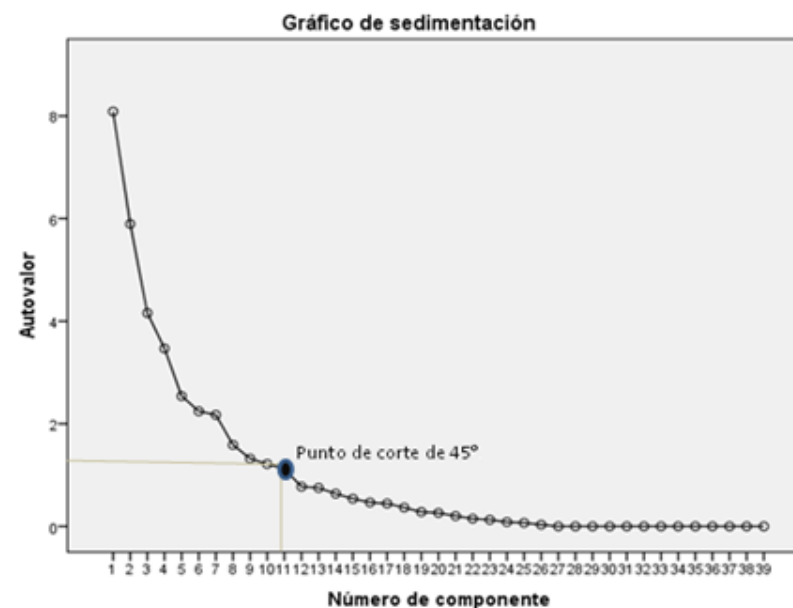


Figura 5. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao.

Análisis de conglomerados

El fenograma (Fig. 6), muestra el proceso de agrupamiento entre los casos y la distancia en la que se formó cada agrupamiento. En tal sentido, un fenograma es la representación gráfica del historial de conglomerados que proporciona información muy valiosa sobre el número final de conglomerado.

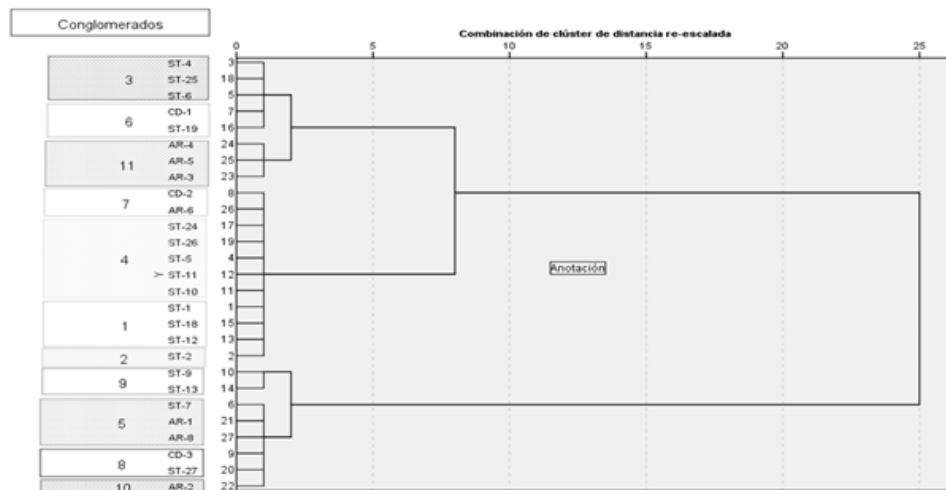


Figura 6. Fenograma de 27 árboles de Cacao.

El conglomerado uno se formó por los árboles: Santa Clara 1, 12 y 18; estos materiales fueron influenciados por las variables: longitud y ancho de semilla, grosor de cáscara, peso seco, y el índice de semilla. Estas variables están estrechamente relacionadas debido a la similitud y homogeneidad existente entre las mismas. Este grupo sobresalió por presentar el mayor promedio en cuanto a humedad total en la semilla 5.56%.

El conglomerado dos lo integró el árbol Santa Clara 2 y fue influenciado por las variables longitud, longitud media y ancho de hoja, número de chupones y edad del árbol. Este grupo sobresalió por tener promedios mayores de diámetro a la altura de pecho (DAP) 19.10 cm, número de cojinetes por metro lineal 45, ancho de fruto 8.90 cm, grosor de cáscara 1.20 cm, altura de caballete 1.30 cm, peso de fruto 563.86 g, porcentaje de calcio 0.89% y potasio 1.76%.

El conglomerado tres, se conformó por los árboles: Santa Clara 4, 6 y 25; estos materiales fueron influenciados por las variables número de flores por cojinete y ancho de fruto, espesor de cáscara, altura de caballete. Este grupo sobresalió de los demás conglomerados por poseer mayor promedio en cuanto a número de Chupones por árbol con 7, número de semilla 45 y longitud de semilla 2.31 cm.

El conglomerado cuatro se integró por los árboles: Santa Clara 5, 10, 11, 24 y 26.; estos materiales fueron influenciados por las variables número de chupones, longitud de estilo y proteína. Este grupo sobresalió por presentar

el mayor promedio de longitud de hoja 36.98 cm, longitud media 20.06 cm y ancho de hoja 12.82 cm.

El conglomerado cinco, agrupó las características de los árboles Arcatao 1, 8 y Santa Clara 7. Estos materiales fueron influenciados por las variables: número de cojinetes por metro lineal y número de semillas por fruto. Dicho grupo sobresalió por presentar los mayores promedios en cuanto a: ancho de sépalos 2.21 mm, longitud de sépalos 6.95 mm, longitud de estaminodios 6 mm, longitud de ovario 2.11 mm y grasa 52.31%.

El conglomerado seis juntó los árboles: San José Cortez 1 y Santa Clara 19; estos materiales fueron influenciados por las variables longitud de ovario y humedad parcial. Además, se caracterizó por presentar la mayor longitud promedio de fruto 17.75%, proteína 31.55% y fibra 20%.

El conglomerado siete, se formó por los árboles: Arcatao 6 y San José Cortez 2; estos materiales fueron influenciados por las variables contenido de fósforo y potasio. Este grupo se resaltó por ostentar el mayor ancho de ovario 1.56 mm y ceniza 6.27%.

El conglomerado ocho, agrupó los caracteres de los árboles San José Cortez 3 y Santa Clara 27, estos materiales fueron influenciados por las variables ancho de sépalos, longitud de estaminodios y calcio.

El conglomerado nueve, agrupó los caracteres del árbol: Santa Clara 9 y 13; estos materiales fueron influenciados por las variables: longitud de fruto, contenido de grasa y contenido de fibra. Este grupo sobresalió por presentar el mayor promedio de edad de árbol 80 años, número de flores por cojinetes 10.2 mm, longitud de estilo 2.3 mm, número de semilla por kilogramo 1822.21 semillas y fosforo 1.57%.

El conglomerado diez, agrupó únicamente las características del árbol Arcatao 2, fue influenciado por las variables altura de árbol y número de frutos. Sobresalió por presentar la profundidad promedio mayor de surco 0.60 cm e índice de fruto 139.82.

El conglomerado once, agrupó los árboles Arcatao 3, 4 y 5 y fueron influenciados por la variable diámetro a la altura de pecho. Este grupo sobresalió por presentar la mayor altura promedio 9.33 m, número de frutos por árbol 65.67, ancho de semilla 1.36 cm, grosor de semilla 1.14 cm, peso seco semilla 2.13 g, índice de semilla 2.13 g y humedad parcial 44.31 %.

Conclusiones

La caracterización morfoagronómica es el principio del mejoramiento genético e incidió en la selección de características promisorias como: color blanco en las semillas, alta rugosidad en el fruto, ápices atenuados y cáscara delgada, siendo estas características propiamente encontradas en los árboles de cacao de tipo criollo.

Los 27 árboles caracterizados en la cooperativa hacienda Santa Clara presentaron características promisorias relacionadas fenotípicamente a cacao criollos y se destacaron los árboles Santa Clara 7 y 22 por los más altos contenidos de grasa en las semillas.

De los 11 árboles de Arcatao Chalatenango, cinco presentaron semillas de color blanco, hojas pequeñas, frutos verdes amarillos, con forma cundeamor y angoleta, flores blancas y brotes de color verde claro, sobresalieron los árboles Arcatao 4 y 5 presentando semillas de mayor longitud y peso seco respecto al resto de cultivares.

Los árboles San José Cortez 1, 2 y 3 sobresaliendo respecto al resto en cuanto a la forma ramificación, pubescencia en brotes terminales, rugosidad en frutos, formas cundeamor con poca resistencia en cáscara y semillas completamente blancas. También sobresalieron los árboles San Pedro Nonualco 1, 2, y 3 con el 95% de las semillas de color blanco siendo estas características típicas de cacao criollos.

La variabilidad genética cuantitativa de los árboles seleccionados estuvo determinada por el 36.36% de los descriptores, y mostraron coeficientes de variación mayores del 30%. Además el método de análisis multivariado permitió agrupar 11 componentes o conglomerados por características afines o similitudes de las variables árbol, hojas, flores, frutos y semillas de 27 árboles de cacao caracterizados.

Recomendaciones

Los árboles San José Cortez 1, 2, y 3; Arcatao 1, 2, 3, 4 y 5; Santa Clara 4, 5 y 6 y los SPN 1 y 2 presentaron frutos de color amarillo verde con forma cundeamor y angoleta, ápices atenuados y alta rugosidad en la cáscara y semillas de color blanco a jaspeado, por ello, es necesario propagar estos germoplasmas a través de parcelas con distintas condiciones ambientales en el país.

Los árboles Arcatao 1, 8 y Santa Clara 7 del conglomerado cinco; Arcatao 6, y San José Cortez 2 del conglomerado siete, presentaron valores superiores

al 52 % de grasa contenido en las semillas de cacao. Esto representa una importante alternativa para los productores interesados en la extracción y comercialización de manteca de cacao.

Los árboles Arcatao 3, 4 y 5 del conglomerado 11, presentaron el mayor peso e índice de semilla, por tanto, estos árboles deben propagarse ya que los valores mostrados en cuanto a dicha característica y la alta tendencia que los vincula a cultivares criollos, los hace aún más valiosos para los productores e investigadores.

Evaluar las condiciones físicas de los suelos y las posibles relaciones con la planta de cacao en sus diferentes etapas.

Agradecimiento

Este artículo es producto de información obtenida del proyecto de investigación científica “Conservación de recursos filogenéticos de café y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos de El Salvador frente al cambio climático”, el cual es financiado por USAID a través del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, con Acuerdo de Cooperación Número 0214405-G-2018-003-00 entre Research Triangle Institute (RTI), USA y la Universidad de El Salvador, UES, el cual es coordinador por el Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, UES.

Bibliografía

- APPCACAO (Asociación Peruana de Productores de Cacao). 2008. Estudio de Caracterización del Potencial Genético del Cacao en el Perú. M y O Consulting S.A.C (Empresa Consultora). Lima, Peru. UE-PERU/PENX. 152 p.
- Ayesta Villega, ED. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN. Tesis. Ing. A. Managua, NI, UNA. 58 P.
- Bartley D. 1989. Manejo de Germoplasma de Cacao (en línea). Turrialba. IICA. Consultado 10 mar. 2017. Disponible en <https://books.google.com/sv/books?id=wbdCxx->
- Cote Flóres, MS; Jiménes Betacourt, JH. 2005. Caracterización de Clones de Cacao Promisorios con énfasis en el contenido de micronutrientes. Tesis MSc. Química. Universidad industrial de Santander, Facultad de Fisicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Bucaramanga. Colombia. 102 p.
- Duarte Hernández, D. 2014. Caracterización Morfo agronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139p.
- Dubón, A. 2011. Manual de producción de cacao. Lima, Cortéz, HN. FHIA. 208 p.
- García Carrión, LF. 2012. Catálogo de cultivares del cacao del Perú (en línea). Lima, PE. Consultada 8 sep. 2016. Disponible en: http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf.
- Hernández Villarreal, AE. 2013. Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos. Bio Ciencias. 2(3): 113-118.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2005. Descriptor de Caracteres Morfológicos en Cacao. Campo Experimental de San Juan Lagunillas-Mérida. Venezuela. Basado en Engels, et al (1980).
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria). (2014). Manual grafico de descriptores varetales de cacao (*Theobroma cacao* L). Chiapas, México. 72p.
- Medina, ZC. 1950. Informe final sobre el cultivo del cacao. Tesis especialista en cacao. Costa Rica. Turrialba. 40 p.
- Peña Monserrate, GR. (2003). Caracterización Morfológica de 57 Acciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional de Banco de Germoplasma de la estación experimental tropical pichilingue. Tesis. Ing. A. Universidad Técnica de Manabí Facultad de Ingeniería Agronómica Escuela de Agronomía. Ecuador. 134p.
- Pérez Zuñiga, JI. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Programa de Mejoramiento del CATIE. Tesis MSc. Agricultura Ecológica. CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza). Costa Rica. 149p.
- Sari, AI; Susilo, AW. (2011). Indikasi Pengaruh Xenia pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). (en línea). Pelita Perkebunan 27(3), 181-190. Consultado 24 jul.2016. Disponible en <https://www.ccrjournal.com/index.php/ccrj/article/download/155/pdf>.
- Vicencio Jácome, AV. 2001. Caracterización química del nivel de fermentación y estudio de los parámetros de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.). Quito, EC. 2ed. INIAP. 75p.
- Graziani de Fariñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, Venezuela. Aragua, UCV. Consultado 2 mar.2017. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006.



Coffea arabica

Fotografía parte del proyecto de investigación científica “Conservación de recursos fitogenéticos de café y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos de El Salvador frente al cambio climático”, el cual es financiado por USAID a través del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, con Acuerdo de Cooperación Número 0214405-G-2018-003-00 entre Research Triangle Institute (RTI), USA y la Universidad de El Salvador (UES) el cual es coordinador por el Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES). Fotografía: José Miguel Sermeño Chicas

Evaluación de un programa de sincronización e inducción de celos utilizando prostaglandina, GnRH y estradiol, considerando los factores que afectan el desempeño reproductivo en vacas lecheras

Ramos-Ruiz CM

Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: celsamariaramos@hotmail.com

Rivera-Hernández FG

Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: frank_polar@hotmail.com

Corea-Guillen EE

Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: elmercorea@hotmail.com

Leyton-Barrientos LV

Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Rodríguez-Solórzano JM

Cooperativa de productores de leche de Sonsonate, La Salud.
Correo electrónico: jorgemario51@yahoo.com

Resumen

Este estudio se realizó entre junio de 2012 y marzo de 2013 en la Hacienda San Ramón, en el municipio de Caluco, Sonsonate que contaba con cerca de 650 vacas Holstein en ordeño. Mediante la recolección de datos del desempeño reproductivo obtenido durante 3 años, se evaluó la utilización del programa PreSynch-HeatSynch® para la sincronización e inducción de celo, así como el efecto de los factores: número de partos, índice de temperatura y humedad (ITH), las enfermedades mastitis, metritis y cojeras y la condición corporal (CC) sobre el desempeño reproductivo.

Se utilizó la información de 1830 partos ocurridos en tres años transcurridos entre el 1 de octubre de 2009 y 30 de septiembre de 2012. Durante el año 3 (1 Octubre de 2011 al 30 de Septiembre de 2012), las vacas que parieron fueron incluidas en el programa PreSynch-HeatSynch®, el día 37 postparto (PP) recibieron una inyección de 150 µg de prostaglandina F2α IM y otra dosis igual el día 51 postparto. Las vacas que presentaron celo fueron inseminadas, Las que no ciclaron recibieron 21 µg de GnRH IM a los 65 días PP; 150 µg de prostaglandina IM a los 72 días PP y a los 73 días PP, 1 mg de Cipionato de Estradiol (ECP) IM. Las vacas fueron inseminadas a celo visto 24 horas después del estradiol.

Durante los tres años en estudio, se recolectó la siguiente información: fecha de parto, celos, inseminaciones, concepción, número de partos. Con estos datos, se calcularon los parámetros (variables) días al primer celo, días al primer servicio, servicios por concepción y días abiertos de cada animal. Se registró también la ocurrencia en el postparto de mastitis, metritis y cojeras y la condición corporal (sólo año 3).

Los efectos de protocolo, año, número de partos y CC sobre las variables, fueron evaluados por medio de un modelo general lineal y pruebas DMS. Se evaluó el efecto del programa de sincronización en las variables y de las enfermedades mastitis, metritis y cojeras por medio de pruebas de t student. El efecto del mes del año y del ITH sobre el porcentaje de concepción fue evaluado utilizando un modelo general lineal. Se utilizó el programa SPSS y se consideró diferencias significativas con una probabilidad menos que 5% ($p > 0.05$).

El efecto del programa fue significativo en los parámetros evaluados ($p < 0.001$) retrasando en 9 días la presentación del primer celo, pero reduciendo en 10 los días a la primera inseminación, en 38 los días abiertos y en 0.6 los servicios por concepción, así mismo se incrementó en 5% la tasa de preñez anual y en 10% el porcentaje de concepción.

Las primerizas tuvieron un menor desempeño en las variables evaluadas ($p < 0.001$) respecto a las adultas. La presencia de mastitis, metritis y cojeras tuvo un impacto significativo en los parámetros, los días abiertos fueron mayores en vacas con mastitis (177 vs 131), metritis (181 vs 115) y cojeras (224 vs 148) que en vacas sanas ($p < 0.001$).

El mes del año y el índice de temperatura y humedad (ITH), se reflejaron en una estacionalidad de las concepciones, aumentando la fertilidad ($> 33\%$) durante los meses más frescos (noviembre-febrero) y reduciéndose hasta menos de 20% durante los meses con un ITH más elevado. Las vacas con menor condición corporal al parto tuvieron menor desempeño reproductivo en los parámetros evaluados ($p < 0.001$).

El uso del programa PreSynch-HeatSynch® mejoró el desempeño reproductivo de la ganadería; reduciendo el costo en días abiertos y dando lugar a un mayor número de remplazos y de vacas en producción.

Palabras clave: HeatSynch, PreSynch, sincronización, celo, inseminación, artificial, vacas, lecheras.

Abstract

This study was conducted between June 2012 and March 2013 in Hacienda San Ramon, in the municipality of Caluco, Sonsonate which had about 650 Holstein milking cows. By collecting reproductive performance data obtained during three years, the Presynch-Heatsynch® program was evaluated for synchronization and induction of estrus and the effect of the factors: parity, temperature and humidity index (THI), mastitis, metritis, lameness and body condition (BC) on reproductive performance.

We used information from 1830 births in three years between October 1, 2009 and September 30, 2012. During year 3 (October 1, 2011 to September 30, 2012), cows that calved were included in the program Presynch-Heatsynch®, on day 37 postpartum (PP) they received an injection of 150 mg of prostaglandin F2 IM and an additional equal dose on day 51 postpartum. Cows in estrus were inseminated, The ones that did not cycle received 21 mg of GnRH MI at day 65 PP, 150 mg of prostaglandin MI at days 72 and 73 PP, 1 mg of estradiol cypionate (ECP) IM. Cows were inseminated at estrus seen 24 hours after (ECP).

During the three years of the study, the following information was collected: date of birth, estrus, insemination, conception, parity. With these data,

we calculated the parameters (variables): days to first estrus, days to first service, services per conception and days open of each animal. We also recorded the occurrence of postpartum mastitis, metritis and lameness and body condition (only year 3).

We evaluated the effects of the protocol, year, parity and BC over the variables using a general linear model and a DMS test. We evaluated the effects on the variables of the synchronization program, mastitis, metritis and lameness with a T student test. We assessed the effects of month of the year and the ITH on the conception rate were using a linear general model. We used the SPSS software and considered the significant differences with a probability of less than 5% ($p > .05$).

The effect of the program was significant in all evaluated parameters ($p < 0.001$), delaying the presentation of the first estrus by nine days, but reducing by 10 days the interval to the first insemination, by 38 the days open and the services per conception by 0.6 and the annual pregnancy rate it was increased by 5% and the conception rate by 10%.

Gilts had lower scores on the evaluated variables ($p < 0.001$) compared to adults. The presence of mastitis, metritis and lameness had a significant impact on the parameters; days open were higher in cows with mastitis (177 vs 131), metritis (181 vs. 115) and lameness (224 vs 148) than in healthy cows ($p < 0.001$).

The month of the year and the temperature and humidity index (THI), were reflected in the seasonality of conceptions, increasing fertility ($> 33\%$) during the cooler months (November-February) and reducing it to less than 20% during months with higher THI. Cows with lower body condition at calving had lower reproductive performance on the evaluated parameters ($p < 0.001$).

The use of Presynch-Heatsynch® program improved reproductive performance of livestock, reducing the cost on days open and resulting in a greater number of replacement females and lactating cows.

Keywords: HeatSynch, PreSynch, estrus, synchronization, artificial, insemination, dairy, cows.

Introducción

Las pérdidas que se producen como consecuencia de una reproducción retrasada poseen múltiples enfoques: Se reduce la vida de la vaca en producción y el número de terneros nacidos por año lo que disminuye la posible ganancia genética en el valor del hato y los costos directos para el tratamiento de los desórdenes reproductivos, servicios de inseminación y atención veterinaria se incrementan (Galina *et al.*, 2006).

Uno de los principales problemas que enfrenta la ganadería lechera en El Salvador, es el bajo desempeño reproductivo que se puede observar como anestros prolongados y baja fertilidad que resultan en un prolongado intervalo del parto a la concepción (Zavala *et al.*, 2005; Corea *et al.*, 2004)

Existen diversos factores que afectan dicho desempeño reproductivo de las vacas lecheras; entre ellos el anestro postparto que está determinado por la nutrición, la condición corporal, raza, edad, producción de leche, amamantamiento, ordeño, época del año y salud general del animal (Yavas y Walton, 2000). Si el amamantamiento se practica durante la lactancia, bloquea la ovulación y prolonga el anestro (Stagg *et al.*, 1998)

El efecto del estado nutricional sobre la fisiología reproductiva esta mediado por una serie de indicadores metabólicos que actúan simultáneamente a varios niveles hipotálamo-hipófisis-ovarios. (Williams, 1998). Por tanto existe una alta correlación entre la condición corporal y el estado reproductivo del animal en diversas etapas, tal es el caso del post parto (Burke *et al.*, 1998). El clima tiene un efecto directo en la reproducción, puesto que el estrés calórico en los animales se refleja en la disminución de libido y la expresión de estro (Thatcher y Collier, 1983). Así también enfermedades como metritis (García *et al.*, 2003), mastitis (Koeck *et al.*, 2007) y cojeras (Acuña, 2002) retrasan la ovulación.

Una respuesta innovadora que se ha estado desarrollando en los últimos años, es la aplicación de protocolos hormonales de inducción-sincronización de celos, esto es de gran utilidad para el control reproductivo dentro del hato, además de mejorar la eficiencia reproductiva (Bó *et al.*, 2006)

HeatSynch® es un protocolo en la cual se administra una dosis de prostaglandina F2 α , (150 μ g) seguida 7 días después de una dosis de GnRH (21 μ g) y 24 horas después 1.0 mg de cipionato de estradiol. Se insemina a todas las vacas detectadas en celo 24 horas después de la inyección de ECP para mejorar la respuesta general al protocolo (Geary *et al.*, 1998; Fricke, 2001; Stevenson *et al.*, 2004)

El objetivo de este estudio fue el de evaluar el efecto de la aplicación de un programa de sincronización de celos con el uso del protocolo PreSynch-HeatSynch® en la presentación de celos, días abiertos y la fertilidad en vacas lecheras, asimismo, se evaluaron los efectos de las enfermedades metritis, mastitis y cojeras, el número de parto, la condición corporal y la época del año en las principales variables reproductivas.

Materiales y Métodos

Localización geográfica, duración y unidades experimentales

Este estudio se realizó entre junio de 2012 y marzo de 2013 en la hacienda San Ramón, ubicada en el kilómetro 56½ carretera a Sonsonate, en el cantón Cuntan, Municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, a una elevación de 530 msnm y en las coordenadas geográficas: LN 13°74'09'' y LW 89°65'05''; la cual cuenta con 650 vacas Holstein en ordeño con una producción promedio de 17 kg/día de leche.

Se utilizó la información de todas vacas paridas entre el 1 de octubre de 2009 y 30 de septiembre de 2012 para un total de 1830 partos en tres años, los primeros dos años fueron considerados como testigos y durante el tercer año se implemento el programa de sincronización e inducción de celos. Toda la información de eventos reproductivos fue sistematizada mediante el sistema informático Afifarm de donde se obtuvo para el estudio.

Metodología de campo

Las vacas fueron manejadas en estabulación, recibieron tratamiento para estrés de calor con ventiladores y aspersores de agua y fueron servidas con inseminación artificial.

Durante el tercer año, se realizó para cada animal una inspección transrectal para identificar involución uterina completa a los 37 días postparto, todo animal que retornó a su ciclicidad antes de este momento, no fue incluido en el programa, pero se consideró como parte del estudio para realizar la comparación. Se realizó una evaluación de la calificación de condición corporal (Edmonson *et al.*, 1989) al parto en las vacas durante el tercer año.

Protocolo PreSynch-HeatSynch® : en la primera etapa las vacas recibieron una inyección de prostaglandina F2 α IM (150 μ g intramuscular) en el día 37 posparto, y otra dosis igual el día 51 posparto. Las vacas que presentaron celo y estuvieran limpias después de la primera o segunda dosis, fueron inseminadas (Fig.1).

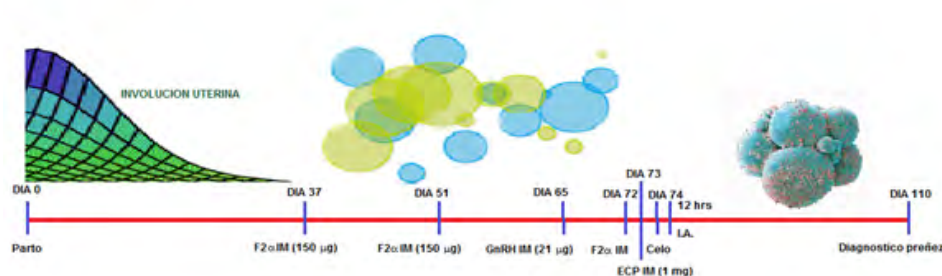


Figura 1. Protocolo PreSynch-HeatSynch®.

Los animales que aún no presentaban síntomas de celo continuaron con el protocolo iniciando a los 65 días con la aplicación de una inyección de GnRH IM (21 µg intramuscular), a los 72 días se realizó la inyección de prostaglandina IM (150 µg intramuscular) y luego a los 73 días una inyección de Cipionato de Estradiol IM (1 mg intramuscular). Las vacas que presentaron celo (aproximadamente 24 horas después de ECP), fueron inseminadas 12 horas después de presentado el celo quieto (regla am/pm).

Luego de realizada la inseminación, las vacas fueron diagnosticadas por vía transrectal mediante palpación a los 35 días post inseminación. Luego de un diagnóstico negativo los animales son nuevamente sincronizados con HeatSynch®.

Desde junio de 2012 a marzo de 2013, se realizaron visitas cada 15 días a la ganadería a recopilar información sobre las vacas incluidas en el estudio, los datos recolectados fueron:

Identificación del animal.

Fecha de parto.

Número de parto.

Fecha de primer Celos.

Fecha de servicios.

Utilización del programa.

Condición corporal al parto (Este parámetro solo se encontró disponible para el año 3) .

Ocurrencia Mastitis, Metritis y Cojeras.

Metodología estadística

Los datos anteriores se clasificaron los tres años en estudio.

AÑO 1: 1 de octubre de 2009 hasta 30 de septiembre de 2010 .

AÑO 2: 1 de octubre de 2010 hasta 30 de septiembre de 2011 .

AÑO 3: 1 de octubre de 2011 hasta 30 de septiembre de 2012 (con uso de los protocolos PreSynch-HeatSynch®) .

Variables independientes

Todos estos factores fueron evaluados y comparados tomando en cuenta las variables independientes (parámetros reproductivos).

Protocolo PreSynch- HeatSynch® (y sus componentes). Las vacas que ciclaron antes de 37 días (2), las que recibieron solo el protocolo de presincronización (PreSynch®) (3), las que fueron sincronizadas con el protocolo completo (PreSynch-HeatSynch®) (4), las que requirieron de una resincronización (Doble HeatSynch®) (5) todo lo anterior durante el año 3; y las vacas de 2 años anteriores que no recibieron ningún tratamiento (1).

Mes del año. Se identificó el mes de ocurrencia de los eventos: celos, servicios concepciones y partos para su comparación.

Índice de Temperatura y humedad. Con ayuda de registros del SNET, se calculó el índice de temperatura y humedad (ITH) para cada mes del año y se evaluó su efecto sobre el porcentaje de concepción. Se agrupó la ocurrencia de eventos en tres periodos de ITH 1= Noviembre- Febrero, 2= Marzo- Junio y 3= Julio-Septiembre.

Paridad. Se evaluó el efecto del número de parto sobre las variables respuesta, utilizando 3 categorías: 1=primerizas, 2=vacas de segundo parto y 3=múltiparas.

Presencia de enfermedades: Mastitis, Metritis y Cojeras. Se registró la ocurrencia de éstas enfermedades en el periodo parto-concepción de las vacas clasificando como enfermas las que presentaron el padecimiento y sanas a las que no tuvieron la enfermedad.

Condición Corporal al Parto. Se tuvo a disposición los datos del año 3 para realizar comparación de las variables dependientes en cinco categorías de condición corporal (CC): 1= 1.5-1.99; 2= 2.0-2.49; 3= 2,5-2.99; 4 =3.0-3.49 y 5=3.5-3.99.

VARIABLES DEPENDIENTES (PARÁMETROS REPRODUCTIVOS)

Fueron calculadas en base a los datos antes descritos.

Días al primer celo. Se calcularon tomando en cuenta la fecha del parto y la fecha en que se registró primer celo.

Días a la primera inseminación. Tiempo entre la fecha del parto y la fecha en que se registró primer servicio.

Días a la concepción. Se obtuvieron utilizando la fecha de parto y la fecha del último servicio en el caso de las que tuvieran diagnóstico de gestación positivo.

Servicios por concepción. En el caso de las vacas con diagnóstico de gestación positivo, se clasificaron en cinco categorías. Vacas con 1, 2, 3, 4 o más de 5 servicios.

Porcentaje de concepción. Se calculó el total de los servicios realizados a todas las vacas que parieron (preñadas y no preñadas) en cada año y se dividió entre el número de servicios efectivos (preñeces).

Tasa de concepción. Se calculó el número de vacas preñadas comparado con el número de vacas disponibles (paridas), para cada año.

COMPARACIONES ESTADÍSTICAS

Los efectos de protocolo, año, paridad y condición corporal al parto sobre las variables días al primer servicio, días al primer celo, días abiertos y servicios por concepción, fueron evaluados por medio de un modelo general lineal. Debido a que no se encontraron interacciones, los efectos individuales fueron analizados separadamente, realizando en cada caso una prueba de diferencias mínimas significativas (DMS).

El efecto combinado del programa de sincronización (vacas ciclando antes de 37 días + PreSynch,[®] PreSynch-HeatSynch[®] + Resincronizadas) se comparó con los dos años sin protocolo de sincronización sobre los parámetros reproductivos por medio de pruebas de t student.

Los efectos separados de las enfermedades mastitis, metritis y cojeras sobre los mismos parámetros reproductivos, fueron evaluados por medio de pruebas de t student.

El efecto del mes del año y del ITH en el mes de la inseminación sobre el porcentaje de concepción fue evaluado calculando el porcentaje mensual de concepción de cada mes en los años estudiados y utilizando un modelo general lineal.

En todos los casos, se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 20 y se consideraron las diferencias estadísticas como significativas con un 5% o menos de probabilidad ($p \leq 0.05$).

METODOLOGÍA ECONÓMICA

COSTOS DEL PROGRAMA

Se obtuvieron los precios de los tres fármacos utilizados y se calculó la cantidad de estos que fue necesaria para cada protocolo, según el número de vacas sincronizadas; para determinar el costo que conllevó la aplicación del programa en los animales en estudio.

COMPARACIÓN ECONÓMICA PARCIAL

Utilizando los registros se calculó el promedio de kilogramos de leche/día para cada mes del año 2012, este valor multiplicado por el precio (IVA incluido) en dólares del kilogramo de leche sirvió para determinar el ingreso vaca/día y el ingreso promedio hato/día para un total de 635 vacas. A dicho valor se le restó el precio promedio de la ración, el cual se estimó en \$USi6.00/día para el grupo de alta producción (60% del hato) y \$USi5.00/día para el de baja producción (40% del hato); para calcular el Ingreso Sobre Costo de la Alimentación (ISCA)

El valor del ISCA obtenido por las 635 vacas disponibles durante el año 3, se multiplicó por los días abiertos reducidos con el programa de sincronización de celo y a este valor se le restó el gasto de la aplicación del programa a nivel del hato, para calcular un margen de utilidad anual parcial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del programa de sincronización e inducción de celo, sobre los parámetros reproductivos.

La aplicación de los protocolos tuvo un efecto significativo ($p < 0.001$) sobre las variables días al primer celo (DPC), días al primer servicio (DPS), servicios por concepción (S/C) y días abiertos (DA) como se muestra en el cuadro 1.

En el cuadro 2, se muestra una comparación entre el año 3 y los dos años anteriores mostrando diferencias significativas ($p < 0.001$); puede notarse que 453 vacas fueron sometidas al protocolo de las cuales 392 (86.53%) lograron preñarse. En el periodo de dos años previos a la sincronización hubo 1195 vacas disponibles y 886 preñadas (74.08 %).

Cuadro 1. Efecto de los diferentes componentes (protocolos) del programa de sincronización de celo sobre los parámetros reproductivos.

PROTOCOLO	TOTAL	DPC		DPS		S/C		DA	
		N	Prom.	N	Prom.	N	Prom.	N	Prom.
PreSynch®	185	182	53.88b	181	61.31c	166	2.33c	166	107.50c
PreSynch-HeatSynch®	257	239	96.08a	238	101.66ab	217	2.22c	217	152.75b
Resincronización (HeatSynch®)	11	10	98.90a	10	103.60a	9	5.78a	9	253.67a
No sincronizadas (Año 3)	182	141	41.96c	140	58.85c	111	2.26c	111	93.72c
Sin programa (Año 1 y 2)	1195	1049	60.47b	1018	89.0b	886	2.95b	886	164.83b

Comparación estadística se ubica en columnas. Diferencias estadísticas significativas a $p < 0.05$

Cuadro 2. Efecto combinado del programa de sincronización de celos durante el año 3 sobre los parámetros reproductivos, en comparación con dos años anteriores.

	TOTAL	DPC		DPS		S/C		DA	
		N	Prom.	N	Prom.	N	Prom.	N	Prom.
PreSynch-HeatSynch + no sincronizadas (Año 3)	635	572	69.36	569	78.33	503	2.33	503	126.59
Sin programa (Año 1 y 2)	1195	1049	60.47	1018	89	886	2.95	886	164.83
Probabilidad		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

Las vacas a las que se les aplicó el programa de sincronización tuvieron un promedio de 69.36 días al primer celo, el cual es mayor ($p < 0.001$) que el de las vacas no sincronizadas, un estudio realizado recientemente encontró que el uso de un protocolo que incluya la presincronización puede mejorar hasta en un 9% los porcentajes de concepción, pero aumenta entre 7 a 13 días la presentación de celo en vacas tratadas (Halladay, 2013).

A pesar del retraso en la presentación del primer celo postparto debido a la duración del programa PreSynch-HeatSynch®, este indujo una inseminación más temprana en las vacas que respondieron ($p < 0.001$), reduciendo en diez días al primer servicio y también los días abiertos ($p < 0.001$) tal como diversos autores lo han expuesto (Martínez *et al.*, 2005; Stevenson, 2011; Stevenson, 2013); para el caso de San Ramón la diferencia fue de 38.24 días.

Los servicios por concepción también disminuyeron presumiblemente debido a que la sincronización permite inseminar a la vaca en un momento más cercano a la ovulación de lo que ocurre con la inseminación en celo natural (Moreira *et al.*, 2000).

Con la implementación del programa de sincronización con PreSynch-HeatSynch® se logró un aumento en el porcentaje de vacas inseminadas (83.5 y 86.7 vs 89.6) y en el porcentaje de vacas preñadas (72.2, 76.0 vs 79.2) para los años 1, 2 y 3 respectivamente. Esto significó cinco puntos porcentuales de aumento en la tasa de preñez y 60 partos más en el año 3 con respecto al promedio de los dos años anteriores (cuadro 3). Esto significa más lactancias, más reemplazos y menos pérdida en días abiertos (Chávez, 2006).

Cuadro 3. Porcentaje de vacas presentando celo, inseminadas y cargadas durante los tres años en estudio.

	Año 1	Año 2	Año 3
Total de vacas	571	624	635
Vacas ciclando	493	556	572
% de vacas	86.34%	89.10%	90.08%
Vacas inseminadas	477	541	569
% de vacas	83.54%	86.70%	89.61%
Vacas preñadas	412	474	503
% de vacas	72.15%	75.96%	79.21%

El porcentaje de concepción de las vacas incluyendo los servicios de todas las vacas aumentó con el uso del protocolo PreSynch-HeatSynch® de 29% en los primeros dos años a 35.3% en el año 3, pero esta diferencia es aún más evidente cuando se calcula la concepción excluyendo a las vacas que no se preñaron, en este caso, el incremento fue de alrededor de 10% (figura 2). Pancarci *et al.* (2001) encontraron porcentajes de preñez de 37.1% y 35.1% para los protocolos OvSynch® y HeatSynch® respectivamente, ellos observaron que el uso de ECP mejoró el tono uterino, facilitó la IA y elevó los porcentajes de estos.

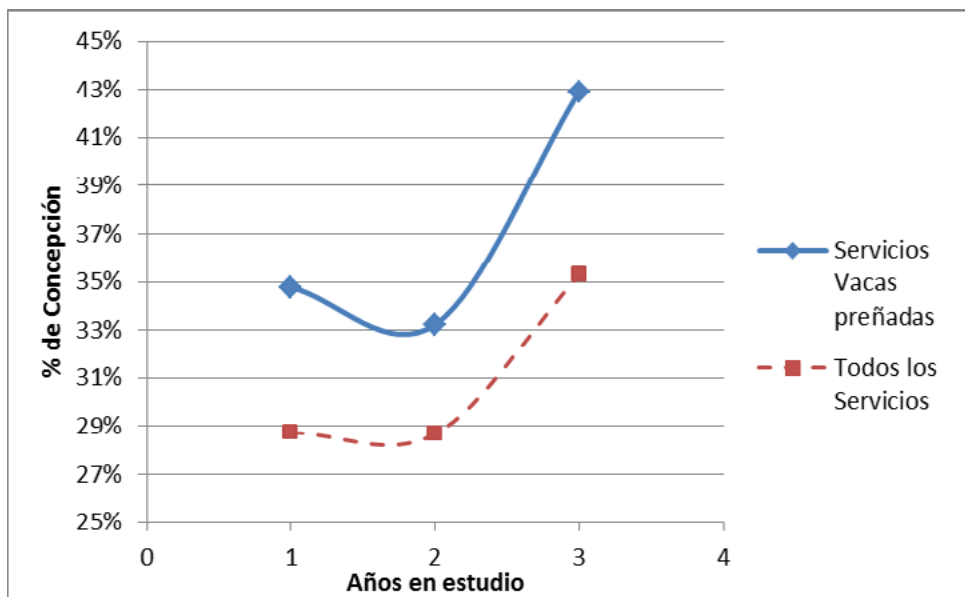


Figura 2. Porcentaje de concepción en la hacienda San Ramón, Sonsonate.

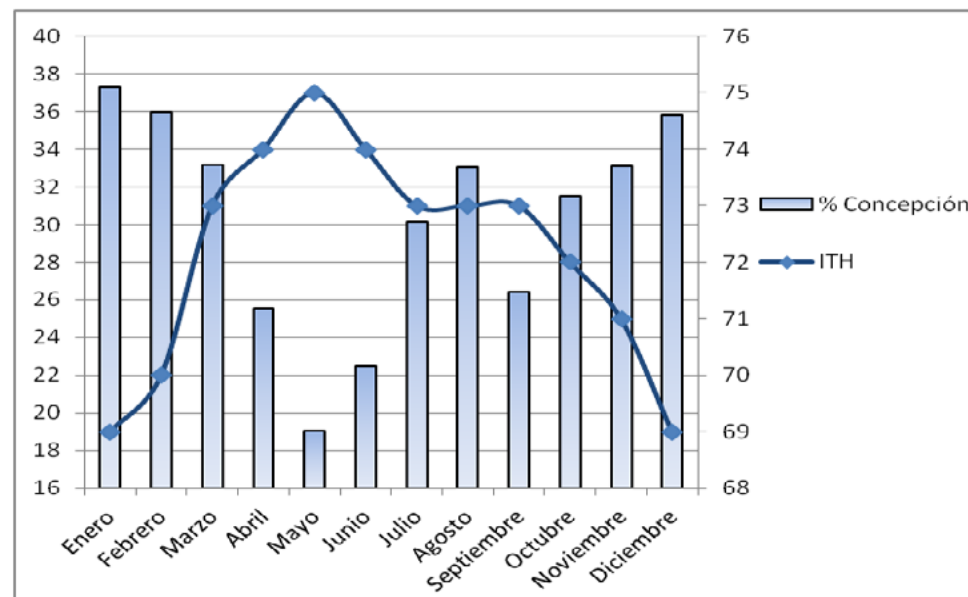


Figura 3. Efecto del ITH de Sonsonate sobre el porcentaje de concepción promedio de los tres años.

Efecto del ITH sobre la concepción

Según los registros climáticos (MAG, 1993), el clima en Sonsonate presenta una variación del Índice de temperatura y humedad (ITH) entre 69 y 75%; en nuestro estudio se determinó que dicha variación tuvo un efecto sobre la concepción ($p=0.002$), siendo los meses con menor porcentaje de preñeces aquellos donde el ITH reportado fue de 74-75%, especialmente mayo (19.05). Así mismo las tasas de concepción más alta fueron en los meses en que el ITH fue de 69-70%, es decir enero (37.29) y febrero (35.97). Esto se observa en la figura 3.

Thatcher y Collier (1983), encontraron que la disminución en las tasas de concepción de las vacas lactantes se debe a su incapacidad para mantener normal su temperatura corporal bajo condiciones de estrés calórico.

Número de partos

El número de parto tuvo un efecto sobre los parámetros reproductivos ($p<0.001$); vacas de primer parto, tardaron en promedio 17 días más en recuperar su ciclicidad y 20 días más en servirse, en comparación con las vacas de segundo parto y las multíparas. Asimismo los días abiertos aumentaron en 34 en comparación con las de segundo parto y en 48 comparado con las de 3 o más partos (cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la Paridad en los parámetros reproductivos.

		DPC	DPS	S/C	DA
Primerizas	Prom.	75.32a	99.86a	3.01a	181.72a
	N	457	452	403	403
Segundo parto	Prom.	57.51b	79.90b	2.80a	147.21b
	N	371	365	322	322
3 o más partos	Prom.	59.66b	79.00b	2.51b	133.98c
	N	793	770	664	664

Comparación estadística se ubica en columnas. Diferencias estadísticas significativas a $p<0.05$.

En un estudio realizado en dos ganaderías de El Salvador (Corea *et al.*, 2008), se encontró que el número de días abiertos fue de 101.51 días en vacas adultas y de 110.29 en vacas primerizas en lecherías. Sin embargo, Aguilar *et al.* (2004), encontraron que vacas de tres o más partos reiniciaban su actividad ovárica más tardíamente a los 30.3 ± 3.6 días después del parto, en comparación con las de un parto a los 25.5 ± 2.9 y las de dos a los 26.0 ± 2.1 .

Ocurrencia y efecto de las Mastitis, Metritis y Cojeras

Se encontró también una alta incidencia de mastitis y metritis en la ganadería, durante los tres años en estudio. Siendo esta en promedio un 41% y 52.85% respectivamente. El porcentaje de cojeras se mantuvo alrededor del 5% durante los tres años en estudio (cuadro 5).

Cuadro 5. Total de casos anuales y porcentajes de incidencia de mastitis, metritis y cojeras, durante los tres años en estudio.

	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio
Partos/Año	571	624	635	1830
N Casos Mastitis	314	226	217	757
% Mastitis	54.99	36.22	33.38	41.03
Partos/Año	571	624	635	1830
N Casos Metritis	350	332	293	975
% Metritis	61.30	53.21	45.08	52.85
Partos/Año	571	624	635	1830
N Casos Cojeras	26	41	30	97
% Cojeras	4.55	6.57	4.62	5.26

La presentación de estas tres patologías tuvo un impacto directo sobre los parámetros reproductivos (cuadro 6) en las vacas preñadas, mostrando aumento de la cantidad de días promedio al primer celo de 61.59 a 73.12 para el caso de mastitis ($p=0.237$), de 57.71 a 67.62 para el metritis ($p<0.001$) y de 62.04 a 88.76 ($p<0.001$) para las vacas que presentaron claudicaciones.

El número de días al primer servicio se incremento de 78.73 a 112.13 para mastitis ($p<0.001$), de 72.52 a 94.06 para metritis ($p<0.001$) y de 82.67 a 125.67 para las vacas que presentaron cojeras ($p<0.001$) durante los tres años en estudio.

El promedio de servicios por concepción para vacas con mastitis, metritis y cojeras, varió de 2.43 a 4.23 ($p<0.001$), de 2.21 a 3.16 ($p<0.001$) y de 2.71 a 3.02 ($p=0.298$), respectivamente en comparación con las vacas sanas.

Finalmente, la ocurrencia de las patologías durante los tres años en estudios causaron también un incremento en el promedio de días abiertos de 131.83 a 241.86 días para mastitis, de 115.47 a 181.24 para metritis y de 148.02 a 224.24 para cojeras ($p<0.001$).

Cuadro 6. Impacto de la mastitis, metritis y cojeras en los parámetros reproductivos de las vacas que se preñaron durante los tres años en estudio.

PATOLOGIA		TOTAL	DPC	DPS	S/C	DA
Mastitis	Enfermas	581	65.15	91.67	3.13	177.52
	Sanas	808	61.59	78.73	2.43	131.83
	Probabilidad		0.237	0.000	0.000	0.000
Metritis	Enfermas	751	67.62	94.06	3.16	181.24
	Sanas	638	57.71	72.52	2.21	115.47
	Probabilidad		0.000	0.000	0.000	0.000
Cojeras	Enfermas	54	88.76	125.67	3.02	224.24
	Sanas	1335	62.04	82.48	2.71	148.02
	Probabilidad		0.000	0.000	0.298	0.000

Efecto condición corporal

Todos los parámetros reproductivos mejoraron cuando mejoró la condición corporal ($p<0.001$). Así cuando la CC fue 1.5-1.99 se tuvo 91.41 días al celo, 98.51 días al servicio y 169.82 días a la concepción, mientras que los servicios por concepción fueron 2.66. Al pasar al otro extremo de CC 3.5-3.99, estos valores disminuyeron a 44.92, 60.83, 77.45 y 1.73 respectivamente (cuadro 7). Se ha observado que la pérdida de peso después del parto retrasa la reanudación de los celos. Maza *et al.* (2001) reportaron bajos porcentajes de gestaciones ($<45\%$) en las vacas lecheras que habían perdido mucho peso y condición corporal al comienzo de la lactancia o seguían perdiendo peso en el momento de la cubrición.

Cuadro 7. Efecto de la condición corporal al parto, en los parámetros reproductivos (DPC, DPS, S/C, DA) en todas las vacas del tercer año en estudio.

CC	TOTAL	DPC		DPS		S/C		DA	
		N	Prom.	N	Prom.	N	Prom.	N	Prom.
1.50-1.99	107	92	91.41a	92	98.51a	77	2.66a	77	169.82a
2.00-2.49	282	264	70.63b	261	81.72b	233	2.45a	233	134.65b
2.50-2.99	143	140	60.83bc	140	67.94c	120	2.24a	120	110.48c
3.00-2.49	67	63	55.65c	63	61.51c	62	1.71b	62	82.63d
3.50-3.99	12	12	44.92e	12	60.83bc	11	1.73bc	11	77.45cd

Al decrecer las reservas corporales, decrece la liberación de GnRH por el hipotálamo y consecuentemente la LH ($<3.9\text{ng/ml}$). En cuanto al desarrollo folicular, una restricción alimenticia deprime el tamaño del folículo dominante y del cuerpo lúteo a 10.5mm vs 15.8mm para un animal con reservas energéticas suficientes (Schillo, 1992).

Comparación Económica

El costo del programa de sincronización de celos se calculó con base al número de animales para cada variante del protocolo y la dosis utilizada de cada fármaco en mililitros por animal (cuadro 8). Posteriormente según el valor comercial, se determinó que el costo total (IVA incluido) del programa de sincronización de celo en todas sus variantes para todos los animales tratados durante el año 3 fue de \$US 2,659.73

Cuadro 8. Cálculo del costo de programa.

	TOTAL (ml)	FRASCO (ml)	N FRASCOS	PRECIO USD	COSTO USD
Prostaglandina	2,370	20	118.5	\$ 16.50	\$1,955.25
GnRH	1,395	50	27.9	\$ 22.50	\$ 627.75
Estradiol	139.5	10	13.95	\$ 5.50	\$76.73
				Costo protocolo	\$2,659.73

Al multiplicar en valor del ISCA (\$US 3.36) por las 635 vacas disponibles durante el año tres en estudio se obtuvo un total de \$US 2,133.60 de ISCA ható/día; este valor multiplicado por los 38 días abiertos que lograron reducirse por el uso del protocolo da como resultado un aumento aproximado de \$US 81,076.80 al ISCA del año 3, que al sustraerle el costo del programa de sincronización \$US 2,659.73, deja un margen de \$US 78,417.07 como utilidad parcial anual (cuadro 9)

Cuadro 9. Impacto del protocolo en el margen parcial (ISCA) del ható.

ISCA día para 635 vacas	Promedio de Días Abiertos reducidos	Valor del ingreso aumentado	Costo del programa en el año	Incremento del ISCA por ható
\$2,133.60	38	\$81,076.80	\$2,659.73	\$78,417.07

Conclusiones

El uso del programa de sincronización de celos PreSynch-HeatSynch® produjo un efecto positivo en el desempeño reproductivo de la ganadería; a pesar del retraso en la presentación del primer celo postparto, se logró una disminución en los días al primer servicio, días a la concepción y número de servicios por concepción.

La sincronización de celos mediante el protocolo PreSynch-HeatSynch® mejoró la tasa de preñez en 5% y el porcentaje de concepción en 10%, dando lugar a un mayor número de reemplazos y de vacas en producción.

Durante los tres años en estudio se observó que los meses con mayor índice de temperatura y humedad, tuvieron influencia negativa sobre los parámetros

reproductivos, mostrándose una estacionalidad en los celos y concepciones.

La presencia de enfermedades en el postparto como metritis, mastitis y cojeras, el número de parto de la vaca y la condición corporal fueron determinantes para la presentación de celos, número servicios por concepción y los días abiertos.

La implementación del protocolo de sincronización PreSynch-HeatSynch® resultó en un aumento en la utilidad parcial estimada por medio del ingreso sobre el costo de alimentación considerando el costo del tratamiento y la disminución promedio de 38 días abiertos.

Recomendaciones

Continuar con la implementación del programa de sincronización de celos, evaluando periódicamente los resultados en los intervalos al celo, inseminación y concepción, así como el porcentaje de concepción.

Hacer mayor énfasis en el tratamiento de estrés calórico durante los meses con mayor Índice de Temperatura y Humedad, con prioridad en el grupo de vacas con menor tiempo en lactancia y que se encuentran en el proceso de la concepción.

Aumentar las medidas preventivas para controlar la incidencia de mastitis y metritis postparto, las cuales son de los factores que afectaron negativamente el desempeño reproductivo en nuestro estudio.

Supervisar constantemente los reportes generados por el sistema de información tomando medidas correctivas, como eliminar oportunamente animales con problemas de fertilidad o enfermedades cuyo impacto negativo en el desempeño del ható es conocido.

Realizar los ajustes al manejo de la alimentación de los animales para lograr una mejor calificación de condición corporal al parto, dado su efecto positivo en los parámetros reproductivos.

Bibliografía

- Acuña, R. 2002. Estudio de reñueras en rodeos lecheros: una guía para el veterinario asesor. X congreso Latinoamericano de Buiatría y XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría Uruguay. P. 44-53
- Aguilar, D; Santos, R; García, J. 2004. Efecto del nivel de producción de leche, número y estación de parto sobre el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas Holstein. Departamento de Zootecnia. Postgrado de Producción Animal. Universidad Autónoma de Chapingo. México. Revista Científica FCV/Vol. XIV. N°6: 548-558
- Bó, G; Cutaia, L; Veneranda, G. 2006. Manejo de las Hormonas en los Programas Reproductivos del Ganado Lechero. 62 Congreso Internacional de Especialistas en Bovinos, Torreón, Coahuila, México. CD.
- Burke, J; Hampton, J.H; Staples, C. 1998. Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. *Theriogenology* 49:751-760
- Chávez, R. 2006. Sincronización de celo en ganado bovino. En línea. Universidad Nacional de la Loja, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado el 15 de agosto de 2012. Disponible en http://grupos.emagister.com.mx/documentos/diferentes_programas_de_sincronización_de_celos_en_vacas/1699-166596
- Corea, EE; Silva, O; Alvarado, JF; Leyton, LV; Castillo, GO; López, LH; Sandoval, A; Platero, CR; Erroa, RM. 2004. Evaluación del anestro posparto y estudio de los parámetros reproductivos en ganado lechero en El Salvador. Informe Técnico. Universidad de El Salvador-Organismo Internacional de Energía Atómica. p 100
- Corea, E; Panameño J; Leyton L. 2008. Efecto del cambio en la condición corporal, raza y número de partos en el desempeño reproductivo de vacas lecheras. Departamento de Zootecnia, Facultad Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. *Agronomía Mesoamericana* 19(2): 251-259.
- Edmonson, A; Lean, I; Weaver, L; Farver, T; Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci* 72:68-78.
- Fricke, P.M. 2001. Ovsynch, Pre-synch, the Kitchen-Synch: What's up with synchronization protocols? Department of Dairy Science, University of Wisconsin-Madison, University of Wisconsin-Extension. *J. Anim. Sci.* 79:1221-1224
- Galina, C.S; Orihuela, A; Duchateasu, A. 2006. Reproducción de animales domésticos. 2a ed. Ed. Limusa. México, DF. p. 66 – 87.
- García, M; Quintela, L; Taboada, M; Alonso, G; Varela, B; Díaz, C; Barrio, M; Becerra, J; Peña, A; Herradón, P. 2003. Influencia de las metritis en los parámetros Reproductivos en ganado vacuno de producción láctea. Universidad de Córdoba. España. *Archivos de Zootecnia*, vol. 52, núm. 199: 409-412.
- Geary, T; Whittier, J.C; Downing, E.R; LeFever, D.G; Silcox, R.W; Holland, M.D; Nett, T.M; Niswender, G.D. 1998. Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate-B or the Ovsynch protocol. *J. Anim. Sci.* 76:1523-1527
- Halladay, Dennis. 2013. La presincronización puede aumentar la fertilidad pero también incrementar el intervalo entre servicios. Libreta de apuntes. *Hoard's Dairyman* en español. Enero 2013. Año 19. N°217:19.
- Koeck, A; Miglior, F; Kelton, D; Schenkel, S. 2007. Investigation of alternative somatic cell count traits as mastitis indicators in Canadian Holstein. Canadian Dairy Network. Department of Population Medicine, Ontario Veterinary College, University of Guelph. Ontario. Canada. P. 7
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1993. Tabla de datos climatológicos. Control de Meteorología e Hidrología. P 2-5.
- Martínez M.F; Kastelic J.P; Bo G.A; Caccia M; Mapletoft R.J. 2005. Effects of oestradiol and some of its esters on gonadotropin release and ovarian follicular dynamics in CIDR-treated beef cattle. *Animal Reproduction Sciences*, 86: 37-52.
- Maza, L; Salgado, R; Vergara, O. 2001. Efecto de la Condición Corporal al Parto sobre el comportamiento reproductivo y variación de peso corporal postparto en vacas mestizas lecheras. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Zootecnia y Medicina Animal. *MVZ-Córdoba*; 6:(2) 75-80.

- Moreira, F; De La Sota, R.L; Díaz, T; Thatcher, W.W. 2000. Effect of day of estrous cycle at the initiation of timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 78:1568-1576
- Pancarci, S.M; Risco, C; Lopes, F.L; Moreira, F; Jordan, E.R; Thatcher, W. 2001. Use of ECP in a timed insemination program. *J. Dairy Sci.* 84:460
- Schillo, K.K. 1992. Effects of dietary energy of control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *Journal of Animal Science.* 70: 1271-1282.
- Stagg, K; Spicer, L; Sreenan, J; Roche, J; Diskin, M. 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics gonadotropin and metabolic hormone change, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. *Biol. Reprod.* 59:777-783.
- Stevenson, J. 2011. ¿Presincronizar o no Presincronizar? Inseminación Artificial. *Hoard's Dairyman en español.* Julio 2011. Año 17. N° 198: 433-434
- Stevenson, J. 2013. Los programas de sincronización mejorados aumentan las tasas de preñez. *Inseminación Artificial. Hoard's Dairyman en español.* Febrero 2013. Año 19. N° 218: 110-111.
- Stevenson, J., Tiffany, S.M. Lucy, M.C. 2004. Use of estradiol cypionate as a substitute for GnRH in protocols for synchronizing ovulation in dairy cattle. *J.Dairy Sci.* 87:3298.
- Thatcher, W. y Collier R. 1983. Efecto del calor sobre la productividad animal. *SARH. INIP. Mex.* P 67
- Williams, G. L. 1998. Nutritional Factors and Reproduction. *Encyclopedia of Reproduction.* Vol 3. P. 92-102.
- Yavas, Y. y Walton, J. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows. *Theriogenology* 54: 24
- Zavala, D; López, F; Ventura, B. 2005. Efecto de la Proteína Cruda y la Energía en la Fertilidad de Vacas Lecheras en Ocho Ganaderías de El Salvador. Tesis Ing. Agr. El Salvador, San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 83

› Road in a
nutshell

› About us

› Data sources

› For scholars and
researchers

› For publishers

› Open Access
publishing

› Statistics about
Open Access

Home

Share



Permalink <http://road.issn.org/issn/2522-6509>

COPY

Search the ROAD directory

E.g.: publication title, publisher...

OK

AGROCIENCIA

- ▶ **Other title:** Revista agrociencia
- Publisher-s:** [San Salvador] : Universidad de El Salvador
- Country:** El Salvador
- Geographic area:** Latin America and the Caribbean
- Author:** Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador
- Author:** UES
- Dates of publication:** 2017
- Status of publication:** current
- Current or last Frequency:** triennial (every three years)
- Type of publication:** periodical
- Language:** Spanish
- Medium:** computer remote

URL: <http://revistas.ues.edu.sv/index.php/agrociencia/issue/archive>

ISSN: 2522-6509

ISSN-L: 2522-6509

Key Title: Agrociencia (San Salvador)

Abbreviated key title: Agrociencia (San Salvador)

ROAD date: 2017-09-22

Subject: Agriculture and food

Category of ROAD resource: Journals

Evaluación de dos métodos de micropropagación masal en piña (*Ananas comosus* L. Merr.) variedad Golden

Ángel-Molina, J.X.

Estudiante tesista.

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: jjenxi_22@hotmail.com

González-Cabrera, J.J.

Estudiante tesista.

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: jjgc_1985@yahoo.com

Orellana-Núñez, M.A.

Docente Director,

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: m_orellan@yahoo.com

Arévalo-Alvarado, C.R.

Laboratorio de Biotecnología

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova".

Correo electrónico: craabiotecnologia@yahoo.com

Resumen

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA) durante los meses de Noviembre de 2012 a Abril de 2013. Con el propósito de mejorar la propagación del material genético y la calidad de las plantas se evaluaron dos métodos de micropropagación masal en piña (*Ananas comosus* L. Merr.) variedad Golden, así como la determinación del tiempo de inmersión temporal que permita una mejor calidad y cantidad de explantes de piña y el método en estudio que presente la mejor relación beneficio-coste. El método convencional estuvo conformado por frascos de vidrio de 100 ml de capacidad con 25 ml de medio MS semisólido y cinco explantes iniciales. En el Sistema de Inmersión Temporal se utilizaron sistemas conformados por frascos de vidrio de 400 ml de capacidad con 125 ml de medio MS líquido y 25 explantes iniciales. Los resultados permitieron definir que para la fase de multiplicación el método convencional alcanzó el mayor peso fresco promedio de brotes de 215.1 g y número promedio de brotes por explante de 17.6. En la fase de enraizamiento y aclimatación el Sistema de Inmersión Temporal con un tiempo de 10 minutos de inmersión produjo el mayor número promedio de raíces por explante y longitud de explantes (cm) con valores de 6.83 y 8.8 cm respectivamente.

Económicamente el Sistema de Inmersión Temporal con un tiempo de cinco minutos de inmersión produjo la mejor relación beneficio-coste.

Palabras clave: Piña, Sistema, Inmersión, Temporal, micropropagación, masal, Bencilaminopurina, Acido Indól Butírico, (Murashige, Skoog), cultivo, semisólido.

Abstract

The research was developed in the Laboratory of Biotechnology, National Centre for Agricultural and Forestry Technology "Enrique Alvarez Córdova" (CENTA) during the months of November 2012 to April 2013. In order to improve the propagation of genetic material and quality of the plants, were evaluated two methods in pineapple variety Golden (*Ananas comosus* L. Merr.) by massal micropropagation, also the determination the temporary immersion time, that allow a better quality and quantity of pineapple explants, and the method of study that provides the best cost-benefit ratio. The conventional method was conformed by glass jars of 100 ml of capacity, with 25 ml of semisolid medium MS and five initial explants. In the Temporary Immersion System were used systems, conformed by glass jars of 400 ml capacity with 125 ml of liquid medium MS and 25 initial

explants. The results allowed to define that for the multiplication phase, the conventional method achieved the highest average buds fresh weight of 215.1 g and better average number of buds per explants, of 17.6. In the rooting and acclimatization phase, the Temporary Immersion System with 10 minutes of immersion gave the highest mean number of roots per explant and a length explant (cm) with values of 6.83 and 8.8 cm respectively. Economically the Temporary Immersion System of five minutes immersion produced the best cost-benefit ratio.

Key Words: Pineapple, Temporary, Immersion, System, micropropagation, masal, Benzylaminopurine, Indole butyric acid), Murashige, Skoog, semisolid, medium.

Introducción

La piña (*Ananas comosus* L. Merr.) pertenece a la familia de las Bromeliaceae, es comúnmente conocida como ananá, ananas, piña roja española, piña de agua y se propaga solo por vía vegetativa (León 2000).

Las variedades más conocidas en El Salvador son Cayena lisa, Champaca F 153, Azucarón, De Castilla y MD-2 (Sandoval 2010). Actualmente el cultivo de la piña posee una gran importancia comercial a nivel mundial, por tal razón en el país existen organizaciones que están aumentando la productividad de los asociados, generando valor agregado al producto y facilitando la comercialización de la piña y sus derivados, especialmente de la variedad Golden (Henríquez y Hernández 2008). Esto ha incentivado a la búsqueda de nuevos métodos de micropropagación de la piña. Roca y Mroginski (1993), señalan que los métodos de propagación *in vitro* permiten la obtención de una gran cantidad de plantas a partir de una planta madre en cortos periodos de tiempo, así como la disminución del espacio físico empleado para la propagación, disminución del tiempo de multiplicación de una planta y los costos del desarrollo que esta implica. En El Salvador para el año 2010 el cultivo de piña generó una producción de 3,145.77t en una superficie de 179.90 ha con un rendimiento de 17.48 t.ha⁻¹ y un consumo neto de 12,731.77t. La importación correspondió a 9,586.00t con un valor en fuga de divisas de US\$ 21032,000 (FAO 2013). Según Vicente Cruz presidente de la APPES este cultivo posee una alta rentabilidad para los productores, ya que para una ha se necesitan 35,714.28 hijos de los cuales se estima una pérdida del 5%, obteniendo al final un total de 33,928.57 piñas/

ha con un precio de US\$ 1.25 por unidad en el mercado local.¹

En esta investigación se evaluaron dos métodos de micropropagación masal en piña (*Ananas comosus* L. Merr.) variedad Golden, para mejorar la propagación del material genético y la calidad de las plantas.

Materiales y Métodos

Ubicación

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería, desde el mes de Noviembre de 2012 hasta Abril de 2013. Las unidades en estudio fueron los Sistema de Inmersión Temporal con tiempos de cinco y 10 minutos de inmersión y el método convencional (medio semisólido).

Metodología de laboratorio

Material vegetativo

El material vegetativo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) de la variedad Golden, que se utilizó para la investigación se obtuvo del Laboratorio de Biotecnología del CENTA, este material vegetal fue introducido al laboratorio a partir de yemas de la corona en el año 2010, utilizando un medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) adicionado con 0.5 mg.l⁻¹ de BAP y 0.65 mg.l⁻¹ de Ácido Giberélico (AG3). Para el inicio de esta investigación se seleccionaron explantes en fase de multiplicación, que estaban en un medio semisólido MS adicionado con un mg.l⁻¹ de BAP. Los explantes seleccionados fueron aquellos con una altura promedio de dos cm, estos fueron cortados y separados de la base, desechando las partes necróticas y oxidadas. Posteriormente este material fue introducido al cuarto de incubación a temperatura promedio de 26 ± 1 °C, fotoperiodo de 16 horas luz e intensidad lumínica de 1500 lux. Después del periodo de establecimiento aséptico fueron transferidos al medio de multiplicación MS adicionado con un mg.l⁻¹ de BAP.

Fase de multiplicación

Para la elaboración de los medios de cultivo líquido y semisólido se usaron sales minerales de Murashige y Skoog (1962), adicionado con un mg.l⁻¹ de BAP (Bencilaminopurina), 30 g.l⁻¹ de sacarosa y pH de 5.7; en el caso de los medios semisólidos se adicionaron cuatro g.l⁻¹ de Phytigel una vez

¹ Cruz, V. 2012. Producción del cultivo de piña (entrevista). Santa María Ostuma, SV, APPES (Asociación de Productores de Piña de El Salvador).

fundido completamente, fue colocado en frascos de 100 ml de capacidad, dispensando 25 ml de medio por frasco y posteriormente fueron sellados con tapaderas magentas. El medio líquido fue colocado en frascos de vidrio de 400 ml de capacidad en donde se dispense 125, 150 y 300 ml de medio líquido en cada frasco para los ciclos I, II y III respectivamente y luego cada frasco fue tapado con papel aluminio. Los frascos con medio de cultivo líquido y semisólido, fueron esterilizados a 120 °C y 20 libras de presión durante 30 minutos en un autoclave marca YANG TA MIN®.

Una vez que los medios de cultivo semisólido y líquido fueron distribuidos en sus respectivos frascos y esterilizados en autoclave; en cada uno de los frascos de 400 ml para el medio líquido del Sistema de Inmersión Temporal, se sembraron la cantidad de 25 explantes con un peso promedio total de 7.52 g y una altura promedio de dos cm y en los frascos de 100 ml para medio semisólido del método convencional se sembraron cinco explantes con un peso promedio total de 1.55 g y una altura promedio de dos cm. Para esta actividad se utilizó la cámara de flujo laminar marca Thermo®, dicho equipo ayudo a mantener las condiciones asépticas idóneas para mantener un bajo porcentaje de contaminación. Para el método convencional medio semisólido al finalizar el segundo ciclo (56 días) después de la siembra en la fase de multiplicación se realizó una subdivisión de los brotes.

Al finalizar el tercer ciclo (84 días) después de la siembra en la fase de multiplicación para ambos métodos de micropropagación, Sistema de Inmersión Temporal y convencional, se realizó la toma de datos y las variables evaluadas fueron: peso fresco promedio de brotes (g), número promedio de brotes por explante y longitud promedio de brotes (cm).

Fase de desarrollo

Esta fase se realizó con el objetivo de favorecer el desarrollo de los brotes antes del enraizamiento; para dar inicio a esta fase se realizó nuevamente una selección de los brotes obtenidos en la fase de multiplicación con una longitud aproximada de tres centímetros. El medio de cultivo líquido y semisólido empleado en la fase de desarrollo estuvo compuesto por las sales minerales de Murashige y Skoog (1962) reducidas al 50% adicionado con 30 g.l⁻¹ de sacarosa, pH ajustado a 5.7 y sin la aplicación de hormona de crecimiento. Para el método convencional y el Sistema de Inmersión Temporal esta fase tuvo una duración de un ciclo de 28 días.

Fase de enraizamiento

Los explantes provenientes de la fase de desarrollo fueron transferidos a un nuevo medio de cultivo fresco para su enraizamiento. Únicamente los explantes producidos y desarrollados en el método convencional fueron limpiados antes de su resiembra en un nuevo medio de cultivo semisólido. Los Sistemas de Inmersión Temporal únicamente se les cambiaron los frascos de mantención del medio, con un nuevo medio de cultivo líquido. El medio de cultivo semisólido y líquido de esta fase estuvo constituido por las sales de Murashige y Skoog (1962) reducidas al 50% adicionado con un mg.l⁻¹ de AIB, 30 g.l⁻¹ de sacarosa y pH ajustado a 5.7, esta fase tuvo una duración de un ciclo de 28 días y al finalizar se realizó la toma de datos y las variables evaluadas fueron: longitud promedio de brote (cm), longitud promedio de raíz (cm) y número promedio de raíces.

Metodología de vivero

En esta etapa se desarrolló la fase de aclimatación de las vitroplantas provenientes de la fase de enraizamiento.

Fase de aclimatación para ambos métodos

Se utilizaron muestras de 10 vitroplantas por repetición, es decir 60 vitroplantas por tratamiento, haciendo un total de 180 vitroplantas por los tres tratamientos provenientes de la fase de enraizamiento, estas fueron extraídas de sus respectivos frascos y sometidas a un lavado para retirar el exceso de medio de cultivo en las raíces. Posteriormente las vitroplantas fueron trasplantadas en bandejas plásticas de 200 celdas con un volumen de 14 cc cada una y se distribuyeron e identificaron en sus respectivos tratamientos. El sustrato utilizado para el llenado de las bandejas fue una mezcla para germinación con la siguiente composición turba de esfagno (grande), perlita hortícola, lana de roca, cal dolomítica y calcítica, carga fertilizante inicial y agente humectante, luego fueron trasladadas al macrotunel y colocadas en un microtunel utilizado como propagador, en donde días antes de su utilización fue preparado y cubierto con plástico especial que ayudo a mantener la humedad relativa alta y este fue destapado a los ocho días después de haberse colocado las bandejas al interior del propagador. La duración de esta fase fue de 30 días a partir del trasplante, el manejo que se les dio a las vitroplantas fue únicamente la aplicación de riego tres veces por semana, una vez al día y una evaluación semanal de la sobrevivencia de las

vitroplantas. Al finalizar la fase se realizó la toma de datos y las variables evaluadas fueron: longitud promedio de explante (cm), longitud promedio de raíz (cm), número promedio de raíces y porcentaje de sobrevivencia (%).

Metodología estadística

El factor en estudio de la investigación lo constituyeron los sistemas de micropropagación; los tratamientos lo conformaron los sistemas con sus respectivos tiempos de inmersión del Sistema de Inmersión Temporal y el medio semisólido del método convencional. Quedando de la siguiente manera: T1 Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de cinco minutos de inmersión cada dos horas, T2 Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de 10 minutos de inmersión cada dos horas y T0 método convencional medio semisólido. Para el análisis de los datos se aplicó el diseño estadístico completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones y para determinar cuál de los tratamientos produjo los mejores efectos se aplicó la prueba estadística de Tukey. Para el análisis de la información generada en la investigación se utilizó el software estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1. Se trabajó con un nivel de confianza de 95%. Se utilizó el modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$.

Metodología económica

Para el análisis económico de la investigación se utilizó el análisis de presupuesto parcial propuesto por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT (1988), el cual se fundamenta en los rendimientos medios, rendimientos ajustados, beneficios brutos de laboratorio y los costos que varían. También se utilizó el presupuesto parcial de beneficio neto de Ramírez (1994), el cual se fundamenta en la comparación de ganancias o ingresos adicionales de las tecnologías propuestas contra la tecnología que se aplica al momento de la investigación. Para el caso de esta investigación el tratamiento testigo lo constituye el método convencional (medio semisólido) y las alternativas propuestas Sistema de Inmersión Temporal con tiempos de cinco y 10 minutos de inmersión.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos durante el proceso de micropropagación de la piña se analizaron por cada fase.

Fase de multiplicación

En esta fase, el método convencional medio semisólido fue el que presentó el mayor peso fresco promedio final (g) y número promedio de brotes por

explante (Cuadro 1). Al respecto Escalona *et al.* (1999), manifiesta que con la aplicación de medios líquidos en el cultivo de piña, se puede triplicar el coeficiente de multiplicación. Para la variable longitud promedio de brotes (cm), el tratamiento que presentó mejores resultados fue el Sistema de Inmersión Temporal con diez minutos de inmersión, seguido del tratamiento Sistema de Inmersión Temporal con cinco minutos de inmersión y el método convencional medio semisólido.

Cuadro 1. Efecto de la evaluación de dos métodos de micropropagación masal en piña variedad Golden para las variables de la fase de multiplicación. TesisUES, Ciencias Agronómicas, 2013.

Variables evaluadas	Tratamientos	Calificación**	Medias	CV%
Peso fresco promedio final (g).	Medio semisólido	A	215.10*	20.28
	Inmersión 5 min.	B	96.45	
	Inmersión 10 min.	B	92.01	
Número promedio de brotes por explante.	Medio semisólido	A	17.60*	23.70
	Inmersión 5 min.	B	9.41	
	Inmersión 10 min.	B	8.58	
Longitud promedio de brote (cm).	Inmersión 10 min.	A	2.52*	12.90
	Inmersión 5 min.	B	2.03	
	Medio semisólido	C	1.37	

Significancia= 0.05 %; *Indican diferencias estadísticamente significativas; **Se aplicó la prueba de Tukey para visualizar el efecto de las medias en cada tratamiento en estudio.

Escalona *et al.* (1999), compararon la tasa de multiplicación en relación al peso fresco generado por los brotes de piña de la variedad Cayenne lisa, evaluando los medios de cultivo semisólido, líquido permanente y en inmersión temporal, obteniendo mejores resultados de peso fresco en el tratamiento con medio líquido en inmersión temporal con 200 ml/explante y con inmersiones de dos minutos cada tres horas, seguido del tratamiento con medio líquido permanente y medio semisólido; con medias de la masa por cultivo de 11 g, 2.75 g y 1.75 g respectivamente, en periodos de cuatro y siete semanas.

Estudios realizados por Jiménez (2005), al evaluar la respuesta de la longitud promedio de brotes de piña de la variedad MD-2 utilizando dos sistemas de propagación *in vitro* medio semisólido y líquido en Sistema de Inmersión Temporal, obtuvo después de ocho semanas de inoculados que los explantes iniciales presentaron longitudes promedios de 3.3 cm/brote en medio líquido en Sistema de Inmersión Temporal y 1.1 cm/brote en medio semisólido.

Los resultados presentados en la investigación al emplear el Sistema de Inmersión Temporal para las variables peso fresco promedio de brotes (g), número promedio de brotes por explante y longitud promedio de brotes

(cm) no concuerdan con los autores antes mencionados; posiblemente a los siguientes factores: en un principio para la fase de multiplicación se obtuvo estadísticamente un mayor número de brotes producidos en medio semisólido, esto se debió a que al desarrollar la metodología de subdivisión del material vegetativo para T0 (método convencional medio semisólido) demandó un mayor área de siembra aumentando de 0.84 m² a 2.52 m² generando por tal razón un mayor número de brotes al finalizar la fase de multiplicación. Posiblemente esto le permitió a T0 (método convencional medio semisólido) obtener más ventaja sobre T1 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de cinco minutos de inmersión) y T2 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de 10 minutos de inmersión) en donde no se realizó ninguna subdivisión del material vegetativo en la fase de multiplicación. Otro factor que pudo haber influido en los resultados obtenidos, fue el volumen de los frascos de vidrio utilizados en el Sistema de Inmersión Temporal, provocando la aglomeración del material vegetativo al interior de los frascos ya que no se realizó una subdivisión del material durante los tres ciclos que duró la fase, esto fue un factor negativo que inhibió la multiplicación y desarrollo de nuevos brotes de piña. Finalmente otro factor que incidió directamente a los resultados obtenidos en la investigación fueron las frecuencias y los tiempos de inmersión realizados, ya que por razones de logística administrativa donde se llevó a cabo la investigación no se complementaron las doce inmersiones como se recomienda técnicamente. Las inmersiones realizadas en el experimento se hicieron de forma manual, ya que no se contó con un sistema automatizado que ayuda a realizar las frecuencias y los tiempos de inmersión de forma continua para lograr las óptimas de un 100%, realizándose solamente el 33% de estas; siendo esto una de las limitantes en el Sistema de Inmersión Temporal para la multiplicación de brotes.

Fase de desarrollo

Esta fase no se evaluó estadísticamente ya que el objetivo fue favorecer el desarrollo y acondicionamiento de los explantes antes del traslado a la fase de enraizamiento, además se utilizó el medio Murashige y Skoog (1962) reducido al 50% y sin reguladores de crecimiento; obteniendo el 100% de sobrevivencia de los explantes para esta fase y se observó que no hubo formación de nuevos brotes en la base del explante.

Orellana (1997), utilizó el medio Wood Plant Medium (WPM) en presencia de 0.5% de carbón activado, 0.8% de agar y dos por ciento de sacarosa y libre de regulador de crecimiento, obtuvo un 100% de sobrevivencia de los brotes de plantas de Caoba (*Swietenia macrophylla*. King) y un 10%

de formación de raíces, observando también brotes bien desarrollados con buena coloración de hojas y tallos gruesos, no hay caída de hojas, mínima formación de callo en la base.

Fase de enraizamiento

Estadísticamente después de realizado el análisis de varianza se observó diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Es decir, que el Sistema de Inmersión Temporal y método convencional medio semisólido produjeron efectos diferentes para las variables: longitud promedio de explante (cm), longitud promedio de raíz (cm) y número promedio de raíces y según la prueba de Tukey, los tratamientos que presentaron los mejores efectos fueron T2 (sistema de inmersión temporal con 10 minutos de inmersión) y T1 (Sistema de Inmersión Temporal con cinco minutos de inmersión, seguido de T0 (método convencional medio semisólido) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la evaluación de dos métodos de micropropagación masal en piña variedad Golden para las variables de la fase de enraizamiento. Tesis. UES. Ciencias Agronómicas. 2013.

Variables evaluadas	Tratamientos	Calificación**	Medias	CV%
Longitud promedio de explante (cm).	Inmersión 10 min.	A	6.43*	16.72
	Inmersión 5 min.	A	5.94	
	Medio semisólido	B	3.63	
Longitud promedio de raíz (cm).	Inmersión 10 min.	A	2.15*	25.75
	Inmersión 5 min.	AB	1.85	
	Medio semisólido	B	1.28	
Número promedio de raíces	Inmersión 10 min.	A	6.83*	20.13
	Inmersión 5 min.	B	4.91	
	Medio semisólido	B	4.76	

Significancia= 0.05 %; *Indican diferencias estadísticamente significativas; **Se aplicó la prueba de Tukey para visualizar el efecto de las medias en cada tratamiento en estudio.

Suárez (2011), realizó estudios en micropropagación *in vitro* utilizando piña Híbrido MD-2 en medio líquido permanente, en donde evaluó dos tipos de corte y 10 concentraciones de AIA más sacarosa. Presentando la mayor longitud promedio de explante, el tratamiento con corte transversal, concentraciones de 0.75 mg.l⁻¹ de AIA y 45 g.l⁻¹ de sacarosa obteniendo un valor promedio de 2.18 cm. Estudios realizados por Blanco *et al.* (2011), al evaluar tres variedades de piña Eruwã Cana, Tabe Cana y Gobernadora utilizando medio semisólido sin reguladores de crecimiento en un periodo de ocho a 10 semanas; determinaron que las longitudes de las raíces formadas por las variedades de piña fueron significativas entre ellas.

Estudios realizados por Jiménez (2005), sobre la respuesta morfológicas de la piña (*Ananas comosus* L. Merr) en diferentes sistemas de cultivo *in vitro*, menciona que a pesar de que los medios de cultivos en el que se desarrollaron los brotes de piña no fueron preparados para inducir el enraizamiento *in vitro*, aun así esta variable fué evaluada debido a la presencia de raíces a partir de la cuarta semana después de la siembra, obteniendo mejores resultados en medio líquido con un número promedio de raíz 2.3 y 0.80 en medio semisólido al termino de ocho semanas.

Los resultados presentados en la investigación al emplear el Sistema de Inmersión Temporal para las variables longitud promedio de explante (cm), longitud promedio de raíz (cm) y número promedio de raíz por explante no concuerdan con los autores antes mencionados; posiblemente a los siguientes factores: finalizada la fase de multiplicación, se realizó una fase previa antes de la fase de enraizamiento denominada fase de desarrollo, ya que es de gran importancia para mejorar el desarrollo de los brotes como etapa previa de acondicionamiento para la formación de raíces en los brotes; se utilizó medio de cultivo con sales minerales MS reducido al 50% más 30 gr.l⁻¹ de sacarosa y un pH ajustado a 5.7 sin adición de hormona de crecimiento. Algunas veces es muy difícil enraizar los brotes después de la multiplicación debido al exceso de citocininas usadas en la fase de multiplicación o a la presencia de inhibidores endógenos; por tal razón la eliminación de estos factores puede realizarse mediante la transferencia de los brotes a un medio libre de hormona por un periodo corto, antes de exponerlos a la auxina que estimule el enraizamiento (Krikorian citado por Orellana 1997). Por tal motivo en la investigación se decidió realizar esta etapa ya que favoreció el desarrollo de los explantes, así mismo el enraizamiento de estos. Orellana (1997), menciona que los altos porcentajes de enraizamiento que se obtienen, así como también el número y longitud de raíces producidas, demuestran la efectividad no solo del procedimiento de enraizamiento utilizado, sino también de la integración de una etapa previa de desarrollo de los brotes o fase de acondicionamiento antes del enraizamiento.

La utilización del medio líquido en el Sistema de Inmersión Temporal permitió el baño constante de los explantes con el medio de cultivo, favoreciendo además al intercambio gaseoso en el interior de los frascos. Esto probablemente generó una mayor longitud promedio de explantes (cm), longitud promedio de raíz (cm) y número promedio de raíces; superando al método convencional.

Fase de aclimatación

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, es decir, que el método del Sistema de Inmersión Temporal y el método convencional produjeron efectos diferentes en la longitud promedio de explantes (cm) y según la prueba estadística de Tukey el tratamiento que presentó el mejor efecto fué el Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de 10 minutos con una media igual a 8.80 cm, seguido de cinco minutos de inmersión y medio semisólido con medias de 7.81 y 7.23 cm respectivamente. Para las variables longitud promedio de raíz (cm) y número promedio de raíces no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que el método del Sistema de Inmersión Temporal y método convencional produjeron los mismos efectos en las variables evaluadas y que según la prueba estadística de Tukey, el tratamiento que presentó el mejor efecto fué T2 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de 10 minutos de inmersión), seguido de T0 (método convencional medio semisólido) y T1 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de cinco minutos de inmersión) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la evaluación de dos métodos de micropropagación masal en piña variedad Golden para las variables de la fase de aclimatación. Tesis. UES. Ciencias Agronómicas. 2013.

Variables evaluadas	Tratamientos	Calificación**	Medias	CV%
Longitud promedio de explante (cm).	Inmersión 10 min.	A	8.80*	10.77
	Inmersión 5 min.	AB	7.81	
	Medio semisólido	B	7.23	
Longitud promedio de raíz (cm).	Inmersión 10 min.	A	2.22	21.85
	Medio semisólido	A	2.05	
	Inmersión 5 min.	A	2.03	
Número promedio de raíz	Inmersión 10 min.	A	6.90	15.24
	Medio semisólido	A	6.75	
	Inmersión 5 min.	A	5.76	

Significancia= 0.05 %; *Indican diferencias estadísticamente significativas; **Se aplico la prueba de Tukey para visualizar el efecto de las medias en cada tratamiento en estudio.

Pineda *et al.* (2012), demostraron que utilizando un sustrato compuesto de tierra negra y arena lavada en una relación de 1:1 se obtienen longitudes promedios por explante de nueve y 15 cm; además presentó un 100% de sobrevivencia. Pérez *et al.* (1996), evaluaron cuatro sustratos; arena, escoria volcánica, pómez y mezcla a base de estiércol de bovino, tierra orgánica y arena de río en una relación 2:1:1 en el endurecimiento de plántulas de piña (*Ananas comosus* L. Merr) propagadas *in vitro*, mostrando que el sustrato que mejor número promedio de raíz fué la arena con 12.17 raíces.

Estudios realizados por Garita y Gómez (2000), sobre la Micropropagación de piña variedad Champaka F-153 evaluaron en la fase de aclimatación el efecto de diferentes sustratos y observaron que el sustrato de fibra de coco molida presentó los mejores resultados en longitud promedio de raíz (2.06 cm).

Los resultados presentados en la investigación al emplear el Sistema de Inmersión Temporal y método convencional para la variable longitud promedio de raíz (cm) fueron muy similares a los obtenidos por Garita y Gómez (2000); los datos presentados en las variables longitud promedio de explantes (cm) y número promedio de raíces no coincidieron con los de Pineda *et al.* (2012) y Pérez *et al.* (1996), siendo estos mayores que los obtenidos por ambos métodos en la investigación y para la variable porcentaje de sobrevivencia (%) los resultados concuerdan con los planteados por Pineda *et al.* (2012), posiblemente a los siguientes factores: al trasladar las vitroplantas del laboratorio de cultivo de tejidos al área de invernadero requieren que se les proporcionen las condiciones idóneas para que puedan aclimatarse y desarrollarse, una de estas es la humedad relativa ya que las plantas cultivadas *in vitro* tienen generalmente la cutícula (capa de cera) escasamente desarrollada debido a la alta humedad relativa, 90-100% que se da *in vitro* (Hartman y Kester 1985). Por tal razón los primeros días son determinantes ya que las vitroplantas deben ser colocadas en un propagador que debe estar cerrado por un cierto tiempo (ocho días), para que las vitroplantas se acostumbren a las condiciones *ex vitro*.

Ahuja citado por Orellana (1997), menciona que la transición entre el ambiente *in vitro*, con un 100% de humedad relativa, a un ambiente *ex vitro* con un porcentaje de humedad menor, es un factor crítico para la sobrevivencia de las plántulas. Además las plántulas *in vitro* viven en un ambiente heterótrofo, donde el medio de cultivo suplente los azúcares y otros nutrientes para su desarrollo. Las hojas de estas plántulas, a pesar de ser verdes, probablemente no son completamente activas para fotosintetizar, no poseen capa cerosa ni cutícula, los que las hace más susceptibles durante la fase de aclimatación. Otro factor importante es el tipo de sustrato donde se trasplantarán las vitroplantas de piña.

Hepton citado por Pérez *et al.* (2011), menciona que el drenaje y eliminación del agua son necesarios para el crecimiento de la piña, ya que el sistema radical es intolerante a los suelos mal aireados y que los ideales deben tener alto contenido de materia orgánica con excelente drenaje interno y alto contenido de aire para proveer cantidades óptimas de agua, nutrientes y

oxígeno a las raíces de la plantas.

Con esta fase se cierra la micropropagación de plantas de piña por medio de cultivo de tejidos; y los resultados muestran que a los 12 meses están listas para su trasplante a campo (Fig. 1).



Figura 1. Fases para la micropropagación de plantas de piña (*Ananas comosus* L. Merr) variedad Golden en el laboratorio de cultivo de tejido y aclimatación en invernadero. 1. Brotes de piña multiplicados en el Sistema de Inmersión Temporal; 2. Inmersión de los explantes durante la fase de desarrollo; 3. Desarrollo de raíces en brotes multiplicados y desarrollados *in vitro*; 4. Aclimatación de vitroplantas en condiciones ambientales semicontroladas; 5. Plantas de piña listas para trasplante a campo doce meses después de iniciada la multiplicación *in vitro*.

Análisis económico

En toda investigación aquellos tratamientos que pueden presentar los mejores efectos desde el punto de vista estadística, no son siempre los que presentan la mejor relación beneficio-costos. Además un elemento que es determinante para que un productor seleccione este tipo de material es la rentabilidad que genere la tecnología. Por tanto, un análisis económico le permite al productor tomar la mejor opción tecnológica. Esta mejor opción se determina muy fácilmente a través del análisis de presupuesto parcial (Cuadro 4) y el beneficio neto que se obtiene de comparar las ganancias o ingresos adicionales de cada una de las tecnologías propuestas en comparación con los costos adicionales de la tecnología que se aplica en el momento de la investigación (tratamiento testigo) (Cuadro 5). Para cada fase de micropropagación se obtuvieron resultados del presupuesto parcial, seguido del presupuesto neto y se presentan a continuación.

Cuadro 4. Análisis de presupuesto parcial para las fases de multiplicación, desarrollo y enraizamiento mediante dos métodos de micropropagación masal en piña (*Ananás comosus* L. Merr) variedad Golden.

Fases	Tratamientos	Beneficios brutos de laboratorio USDS.	Total de costos que varían USDS.
Multiplicación	Medio semisólido.	212.18	51.19
	Inmersión 5 min.	355.82	31.35
	Inmersión 10 min.	324.57	31.95
Desarrollo	Medio semisólido.	56.70	13.71
	Inmersión 5 min.	56.70	10.15
	Inmersión 10 min.	56.70	10.35
Enraizamiento	Medio semisólido.	75.60	13.71
	Inmersión 5 min.	75.60	10.15
	Inmersión 10 min.	75.60	10.35

Cuadro 5. Presupuesto parcial de beneficio neto para T1 y T2 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de 5 y 10 minutos de inmersión) comparado con T0 (Testigo método convencional medio semisólido) en las fases de multiplicación, desarrollo y enraizamiento.

Fases	Tratamientos	Cambio en el ingreso neto USDS.
Multiplicación	Inmersión 5 min.	163.48
	Inmersión 10 min.	131.63
Desarrollo	Inmersión 5 min.	3.56
	Inmersión 10 min.	3.36
enraizamiento	Inmersión 5 min.	3.56
	Inmersión 10 min.	3.36

Para la fase de multiplicación se obtuvo rendimiento medio para T0 (método convencional medio semisólido) de 1684 brotes, T1 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de cinco minutos de inmersión) y T2 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de 10 minutos de inmersión) de 2824 y 2576 brotes, para cada uno de los tratamientos, se utilizó un área de 0.84 m². Para las fases de desarrollo y enraizamiento se mantuvieron las mismas unidades experimentales de 300 brotes iniciales en un área de 0.84 m² para cada uno de los tratamientos en estudio. El Sistema de Inmersión Temporal utilizado en la investigación no logró igualar la eficiencia óptima de los Sistemas de Inmersión Temporal Automatizados como RITA® y BIT® en relación a una mayor producción de brotes, a pesar de todas las limitantes antes mencionadas en el Sistema de Inmersión Temporal se logró evidenciar en todas las fases la superioridad económica sobre el método convencional medio semisólido obteniendo beneficios netos para T1 (Sistema de Inmersión Temporal con tiempo de cinco minutos de inmersión) y T2 (Sistema de

Inmersión Temporal con tiempo de 10 minutos de inmersión) de USDS\$ 163.48 y 131.63. Con estos resultados se confirma una vez más que el cambio propuesto de utilizar el Sistema de Inmersión Temporal con tiempos de cinco y 10 minutos de inmersión son rentables y producen un aumento considerable en el ingreso neto que al utilizar el método convencional medio semisólido. De acuerdo con Cruzat (2009), el uso de las técnicas de propagación actuales se ha fundamentado en optimizar las herramientas de micropropagación *in vitro* con la finalidad de obtener mejoría tanto en los procesos como en la inversión económica enfocándose principalmente en la reducción de los costos y mejoramiento de la rentabilidad de los sistemas de micropropagación. Si bien la micropropagación convencional representa un sistema adecuado para la masificación de la producción de plantas en periodos cortos de tiempo, presenta también una limitante que corresponde al alto costo de la planta (Paredes citado por Albarracín 2012). Este costo se atribuye principalmente a dos factores tales como: agente gelificante y alto costo por mano de obra. Albarracín (2012), determinó que para la multiplicación de plantas de cilantro cimarrón (*Eryngium foetidum*) utilizando el método convencional y Sistema de Inmersión Temporal, al efectuar el análisis de costo, obtuvo que el porcentaje correspondiente a costo por el uso de agar asciende a un 84.28% del medio de cultivo; es decir, este compuesto utilizado en el medio semisólido, y respecto al medio de cultivo líquido empleado en el sistema de inmersión temporal se prescinde de agar. Además el costo por planta multiplicada en medio semisólido es de 0.10 centavos de dólar mientras que al emplear sistemas de inmersión temporal el costo se reduce a 0.01 centavos de dólar, si bien la inversión inicial de implementación del Sistemas de Inmersión Temporal es alta, el beneficio-costo de su uso aumenta significativamente en cuanto al costo de producción.

Conclusiones

Esta investigación concluye que para la micropropagación de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) variedad Golden, utilizar en la fase de multiplicación un tiempo de inmersión de cinco minutos cada dos horas. Para el mejor desarrollo de brotes y raíces de buena calidad el tiempo de inmersión óptimo es de 10 minutos cada dos horas. En la fase de aclimatación se obtuvo un 100% de sobrevivencia de las vitroplantas de piña utilizando un sustrato para germinación.

El Sistema de Inmersión Temporal con un tiempo de cinco minutos de inmersión cada dos horas presento la mejor relación Beneficio-Costo para la micropropagación masal de piña variedad Golden.

Recomendaciones

En la fase de multiplicación, para el Sistema de Inmersión Temporal utilizar frascos de mayor volumen que permita la multiplicación y desarrollo de nuevos brotes, sin necesidad de realizar subdivisiones del material vegetativo durante tres ciclos. Es necesario contar con un sistema automatizado que realice las frecuencias y tiempo de inmersión programada para obtener una mejor eficiencia del Sistema de Inmersión Temporal en las fases de multiplicación, desarrollo y enraizamiento.

Agradecimientos

Al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) por brindarnos sus instalaciones para la ejecución de la investigación.

Bibliografía

- Albarracín Acosta, CP. 2012. Evaluación de la eficiencia de un sistema de inmersión temporal frente al método de propagación convencional en la multiplicación *in vitro* de cilantro cimarrón (*Eryngium foetidum*) a partir de hojas, yemas y segmentos nodales. Tesis Ing. Biotecnología. Sangolquí, EC, 203 p.
- Blanco HA; Vargas TE; Garcia E de. 2011. Micropropagación clonal de tres variedades de piña nativas de la región amazónica mediante cultivo de yemas axilares y apicales. Revista Interciencia. 36(6)437-443.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, MX). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Distrito Federal, MX. 79 p.
- Cruzat, GR. 2009. Resultados y lecciones en sistema de inmersión temporal en especies anuales, frutales y vides. Chile. Ograma Ltda. p. 8-10.
- Escalona M; Lorenzo JC; Gonzalez B; Daquinta M; González J; Borroco GC; Disjardins Y. 1999. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr). Plant propagation in temporary inmersión system. Plant Cell Rep. 18:743-748.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2013. FAOSTAT: División de estadística (en línea). Roma, IT. Consultado 10 Abr. 2013. Disponible en <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>.
- Garita H; Gómez L. 2000. Micropropagación de la variedad piña champaka F-153. Revista Agronomía costarricense. 001(24):63-73.
- Hartman, HT; Kester, DE. 1985. Propagación de las plantas: principios y prácticas. Trad. A Marino. México, CONTINENTAL. p 639-666.
- Henríquez, P; Hernández, C. 2008. IV concurso de sistematización de experiencias exitosas en agronegocios rurales en América Latina: asociación de productores de piña de El Salvador (APPES), iniciativa de asociatividad y gestión. San Salvador, SV, IICA. p. 1-6.
- Jiménez Palma, R. 2005. Respuesta morfogénicas de la piña (*Ananas comosus*) en diferentes sistemas de cultivo *in vitro*. Bach. Ing. en Agro. San Carlos, CR. Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica. 64 p.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José, CR, IICA. 522 p.
- Murashige, T; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.
- Orellana Núñez MA. 1997. Desarrollo de un sistema de cultivo *in vitro* para los explantes nodales de caoba (*Swietenia macrophylla*, King). Tesis Mag. Sci. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 17-21.
- Pérez Fernández, N; Galindo Menéndez, L; Peláez Peláez; M; Rodríguez Obrador; E. 2011. Evaluación del comportamiento de plantas *in vitro* de piña (*Ananas comosus* (L) Merr.) híbrido CBCE-116 con diferentes tipos de sustratos en fase de aclimatación. Innovación Tecnológica. 17(4):1-11.
- Pérez Flores JR; Flores Coto JC; Correa Guillen BM. 1996. Evaluación de cuatro sustratos y tres tamaños de plantas diferentes en el endurecimiento de plántulas de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) propagadas *in vitro*. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV. UES. p. 56-99

- Pineda A; Vargas TE; Escala M; García E de. 2012. Organogénesis *In vitro* en piña “Española Roja” y morfoanatomía foliar de las plantas obtenidas en el proceso. *Bioagro* 24(3):175-186.
- Ramírez, O. 1994. El uso de presupuestos parciales en el manejo integrado de plagas (Hoja Técnica). *Manejo integrado de plagas*. 11: i-iv.
- Roca, WM; Mroginski, LA. 1993. Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones. Cali, CO, CIAT. p. C3.41-C5.95-C10.239.
- Sandoval Delgado, IA. 2010. Guía técnica del cultivo de la piña. Múltiples. El Salvador, CENTA. 23 p.
- Suárez Haro, FE. 2011. Micropropagación *in vitro* de piña (*Ananas comosus* L. Merrill) Híbrido MD-2, a partir de cortes de yemas laterales y apicales. Tesis Ing. Agr. Sangolquí, EC. Escuela Politécnica del Ejército. 61 p.

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.